



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

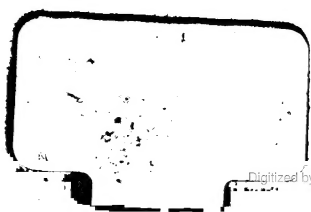
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



NACHTRÄGE UND BERICHTIGUNGEN ZUR KATOPTRIK.

S. 314 Z. 6 lies Kap. 12 statt 11 und statt des Satzes: „Ein cylindrisch u. s. w. bis erwähnt“ lies: „Wenigstens scheinen damit Planwinkelspiegel gemeint zu sein“.

S. 318, 1 f. *alteratum et transmutatum* ist wohl *ἀλλοιούμενον* καὶ μεταβάλλοντα. Letzteres wurde vom Übersetzer in seiner intransitiven Bedeutung verkannt und durch *mutantem* wiedergegeben, das A dann korrigierte. Ist μεταβάλλοντα dem Sinne nach gleich μεταρρυθμιζόμενον? (Plat. Tim. 46^a, oben S. 311.) *contemperantiam* = σύγκρασις. Die Stelle sucht die sogen. Sphärenmusik auf natürlichere Weise zu erklären als Plato, der Polit. X p. 617^b von acht Sirenen spricht, deren Gesang melodisch erklinge (μῆλον ἁρμονίαν ξυμφωνεῖν).

S. 336 Z. 12 ff. Nach erneuter Prüfung dieses schwierigen Kapitels dachte ich die Frage zur Erwägung zu stellen, ob nicht 338, 11 (*propius*) bis 342, 6 ursprünglich die Fortsetzung von 346, 21 gebildet und, unter Verstümmelung der Anfangsworte, etwa durch Blattversetzung sich hinter Kap. 11 verschoben habe. Die Aufgabe von Kap. 11, das Rechte rechts zu zeigen, ist durch den cylindrischen Hohlspiegel gelöst, dagegen fehlen in Kap. 13 die speziellen Hinweise auf die Verzerrungen des cylindrisch-konvexen Spiegels. Doch wäre es nicht ausgeschlossen, daß trotzdem das ganze Kapitel, wie es überliefert ist, zusammengehörte, wenn man mit Herrn Dr. Pfaff in Helmstedt 338, 12 *concavam* statt *convexam* (κοίλην statt κυρτήν) und 340, 2 *adhuc accedente* (griechisch etwa ἐπαιόντος 'recedente', was in ἔτ' ἀνιόντος verderbt

S. 185 Z. 13 lies: $\overline{\text{ح}}$ statt $\overline{\text{ح ح}}$

S. 186 Z. 10—12 muß lauten: Weil der Teil derselben, der auf dem Wasser liegt, sehr gering ist, so daß der Teil, den das Wasser stützt, ebenfalls gering ist, und etc.

S. 188 Z. 3 Kist ist das griechische $\xi\acute{\epsilon}\sigma\tau\eta\varsigma$, sextarius, ein Hohlmaß.

S. 189 Z. 8 statt منه wohl البية zu lesen.

S. 202 Z. 4 nach „dünne“ erg. „runde“.

S. 205 Z. 3 zu مستوية . Die Codd. bieten متساوية

S. 207 Z. 8 lies: بعض

S. 213 Z. 12 lies: الموضع

S. 225 Z. 2 statt الاكفال vielleicht الاطراف zu lesen.

S. 226 Z. 7 „An dem Ende der senkrechten Balken“. Aus dem Folgenden ergibt sich, daß der eine Teil des Flaschenzugs an dem Querbalken angebracht ist, wie in der Figur. Vgl. Z. 10.

S. 232 Z. 35 statt „Vaterschraube“ lies „Schraubenspindel“.

S. 236 Z. 27 lies: Kerbe.

S. 238 Z. 33 statt „und von gleichmäßiger Stärke“ lies „wenn auch kräftig“.

S. 295 Z. 18 lies „Schlitten“ statt „Kröten“.

- S. 86. In Fig. 19 ist der Punkt γ auf θx zu projizieren und in den Proportionen der Fußpunkt dieses Lotes unter γ zu verstehen. Vgl. Knauff, Die Physik des Heron von Alexandria. Programm des Sophiengymnasiums zu Berlin. 1900. S. 8 Anm.
- S. 87 Z. 2 lies: **الثقل**
- S. 90. In Fig. 21 ist der Faden des unbezeichneten Gewichtes um die Scheibe vom Aufhängepunkt nach ν hin aufgewickelt zu denken, so daß das unbezeichnete Gewicht in der Richtung $\nu \epsilon$ etwas höher als ϵ zu hängen kommt. Fig. 21 ist genau die handschriftliche. Vgl. Knauff, l. c.
- S. 94 Z. 23 „nach“ bis „und“ offenbar zu tilgen, ebenso
- S. 95 Z. 15 **بقدر وسط المحور**
- S. 96 Z. 1 statt „lockenartig“ lies: „ausgeschweift“.
- S. 97. Note 2 und 3 sind umzustellen.
- S. 102 Z. 22 vgl. S. XXVII unten.
- S. 104 Z. 12, 13 lies: „eines Cylinders, die sich auf der Oberfläche des Cylinders bewegt, an“.
- S. 115 Z. 4 lies: **يكون** statt des **كان** der Codd.
- S. 132 Anm. 5) lies: **تكون**
- S. 141 Z. 7 lies: **أط** und **زج**
- S. 141 Z. 20 lies: **الخشبة**
- S. 141 Z. 21 lies: **استقامة**
- S. 157 Z. 13 lies: **ثمانى** (mit K; BCL **ثمان**)
- S. 168 Z. 15 „nicht“, und
- S. 169 Z. 14 **ليس** dürfte wohl mit de Vaux zu streichen sein.
- S. 169 Z. 19 lies: **ونرسم**
- S. 175 Z. 2 lies: **الجماعة**
- S. 175 Z. 18 lies: **الدواب تنفذ**
- S. 176 Anm. 1) lies: K **كانتا**
- S. 177 Z. 21 lies: **الهواء**

NACHTRÄGE UND VERBESSERUNGEN ZUR MECHANIK.

- S. 3 Z. 11 tilge عليه und lies Note 4: K add. عليه
- S. 11 Z. 5 lies: فى
- S. 19 Z. 7 lies: علامة
- S. 21 Z. 10 lies: يتبين
- S. 21 Z. 11 lies: جاذبة
- S. 23 Z. 8 lies: معلومة
- S. 23 Z. 20 lies: المجسم
- S. 27 Z. 3 lies: مضروب
- S. 29 Z. 12 lies: الخارجة
- S. 43 Z. 9 lies: العلامة
- S. 47 Z. 7 lies: اليسرى
- S. 55 Z. 5, 6, 3) ist die Lesart der Codd. herzustellen.
- S. 56 Z. 26 tilge das Komma nach „sind“.
- S. 57 Z. 14 lies: متصلة
- S. 61 Z. 9 lies: أنا
- S. 62 Z. 28 vgl. S. XXI, XXII und Clermont-Ganneau, *Études d'archéologie orientale*. T. I, 2 S. 131—7. Paris 1895.
- S. 62 Z. 33 lies: „wird; deshalb“.
- S. 63 Z. 5 lies: أن
- S. 65 Z. 8 vielleicht متعلقة z. l. statt مضطربة der Codd. und
- S. 64 Z. 12 statt „schwanken“ „hängen“.
- S. 71 Z. 8 vielleicht ندع zu lesen, wie übersetzt.
- S. 75 Z. 18 lies: معتدلا

مستقصى الاستواء بقدر ثخن اللولب ثم نثقب في جوانب هذا الحفر الواسع ثقباً صغيراً متوالية ونركب فيها اوتادا صغيراً مائلة مستديرة وننفذها الى ان تقع في دوائر اللولب ثم نأخذ الخشبة التي نريد ان نحفر فيها اللولب الانثى فنثقب فيها* ثقباً بقدر وتد اللولب ونصل بين هذه⁵ الخشبة والخشبة¹ التي ركبنا فيها² اللولب بقائمتين نشدهما شداً مستقصى ثم نركب التود الذي فيه الاسفين في الحفر الذي في الخشبة التي نريد ان نحفر فيها اللولب الانثى ونثقب في طرف اللولب الاعلى ثقباً نصيراً فيها اوتادا فنديرها الى ان تنفذ في الخشبة فلا يزال¹⁰ نديرها صاعداً ونازلاً ونتعاهد هذا الاسفين بالضرب مرة بعد مرة حتى يحفر اللولب الانثى الحفر الذي نريد فنكون قد حفرنا اللولب الانثى وهذا الشكل وبتمامه تم الكتاب ○

1) CL om. 2) B om.

dem Pflocke ab und graben mitten in die beiden übrigen Teile eine kanalartige Grube (*fghi*) der ganzen Länge nach, halb so tief als die übrige Dicke. Darauf nehmen wir einen Eisenstab (*iknm*) und drehen ihn gemäß den Schraubenwindungen. Hiernach befestigen wir ihn auf dem Pflock (*ee*), in welchem die Grube ist, und bringen sein (stumpfes) Ende an das (bei *u* aufhörende Holz-)Gewinde, nachdem wir die beiden Stücke (das abgesägte und das ausgehöhlte) fest verbunden haben, so daß eins am andern haftet und durchaus kein Zwischenraum zwischen ihnen bleibt. Dann nehmen wir einen kleinen Keil (*opqrwv*), führen ihn in die kanalartige Grube ein und schlagen ihn, bis er den eisernen Stab heraustreibt, und zwischen die beiden Teile fällt. Wenn wir dies gethan haben, fügen wir die Schraube in ein durchbohrtes Holz (ξ, ξ) ein, worin sich ein vollständig gerades Loch, vom Mafß der Dicke der Schraube (*dd*) befindet. Dann bohren wir in die Wände dieses weiten Loches kleine, nebeneinanderstehende Löcher, setzen kleine, schiefe, runde Zapfen (η) hinein, und lassen diese so tief eindringen, bis sie in das Gewinde der Schraube eingreifen.*) Darauf nehmen wir das Holz (*T*), in welches wir die Mutterschraube bohren wollen, bohren ein dem Schraubenpflock (*ee*) entsprechendes Loch ($\epsilon\epsilon$) in dasselbe und verbinden dieses Holz mit demjenigen, in welches wir die Schraube eingefügt haben, durch zwei Pfosten, die wir vollkommen befestigen. Dann setzen wir den Pflock (γ), in welchem der Keil ist, in das Loch ($\epsilon\epsilon$), welches sich in dem zur Mutterschraube zu bohrenden Holze (*T*) befindet, bohren in das obere Ende (β) der Schraube Löcher, in die wir Speichen einsetzen und drehen sie, bis er (der Pflock γ) in das Holz eindringt. Wir hören nicht auf, sie auf und ab zu drehen und den Keil immer wieder anzutreiben**), bis die Mutterschraube so gebohrt ist, wie wir es beabsichtigen. Dann haben wir die Mutterschraube gebohrt.

*) Um der Holzschraube als Führung zu dienen.

**) Nachdem man das ganze Gestell umgekippt hat.

الجهة الاخرى قدر ثخن الدوائر اللولبية حتى تصير
 كوتد متساوى الثخن ونخرج قطر⁽¹⁾ قاعدة⁽¹⁾ الخشبة
 ونقسمه⁽²⁾ بثلاثة اقسام متساوية ونخرج على علامة
 واحدة من علامتى القسمة خطا قائما على القطر ثم
 نخرج من طرفى الخط القائم على ذلك القطر فى طول⁵
 الوتد كتة خطين قائمين وذلك ينتهيا لنا اذا وضعنا
 هذا الوتد على لوح قائم وخططنا بالكبتين⁽³⁾ الى ان
 نعال الحفر اللولبي ثم نتلطف بمنشار دقيق حتى ننشر
 ما الى الحفر اللولبي ثم نفصل هذا الثلث المرسوم من
 الوتد ونفرض فى الجزئين الباقيين فى وسطهما حفرا¹⁰
 ميرايا فى كل الطول يكون قدر نصف الثخن الباقي ثم
 نأخذ قضيبا من حديد فنديره على الدوائر اللولبية ثم
 نركبه على الوتد الذى الحفر فيه ثم نصير طرفه فى الدوائر
 اللولبية بعد ان نشد القطعتين جميعا شدا جيدا حتى
 يلتأم⁽⁴⁾ احدهما الى الاخرى ولا يكون بينهما حلل بنة¹⁵
 ثم نتخذ اسفيبا صغيرا فندخله فى الحفر الميراى ونضربه
 الى ان يخرج القضيب الحديد فيقع بين القطعتين⁽⁵⁾ فاذا
 فعلنا ذلك ركبنا اللولب فى خشبة محفورة فيها ثقب

3) B ونقسم كل واحد منها 2) Codd. dual. 1) Codd. dual.

يلزم BC 4) بالكايس C بالمكايس LK بالكاسكر

قضبنتين 5) Codd.

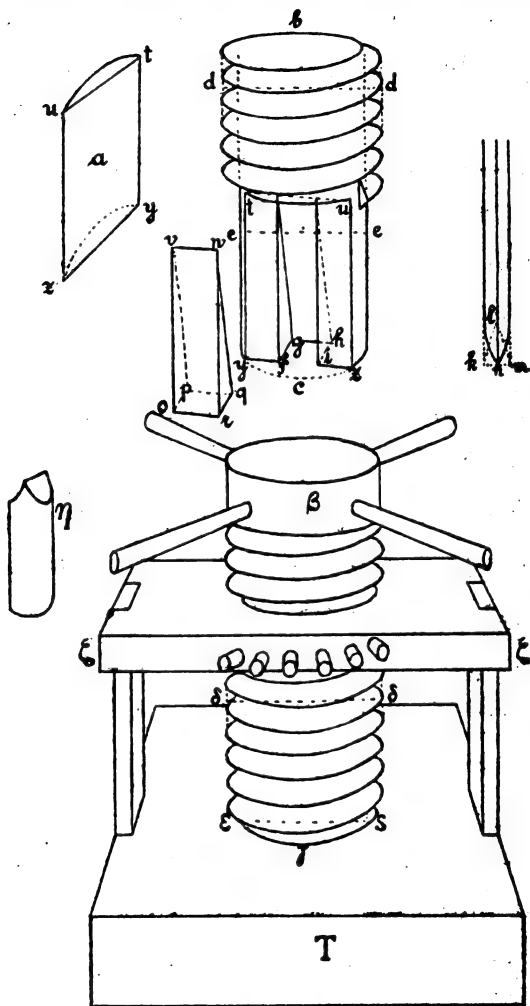


Fig. 61.

اللولب ايضا فى الجهة الاخرى فترتفع الخشبة وتقلع القرمية ويبدل الجسم المعصور حتى يخرج كل شىء فيه من الرطوبات ⑤

[٢٠] وقد تكون آلة اخرى بلولب واحد وذلك بان نعمل على المائدة قائمتين تحمل^{١)} الخشبة المعترضة^٥ التى فيها الحفر اللولبى * الانثى وليكن الحفر اللولبى^{٢)} فى وسط هذه الخشبة ثم يدخل اللولب فى هذا الحفر ويدور بالاوتاد التى فى الفلكة حتى يندحط اللولب على اللوح المرتب على الغالاغرا فيكبسه فتسيل الرطوبات وقد ينبغي ان نتعاهد بالشد مرة بعد مرة حتى لا يبقى فى^{١٥} الجسم المعصور من الرطوبات شىء ⑥ وقد تكون من المعاصر اجناس اخر غير هذه كثيرة لم نر ان نكتبها لانها قد كثر استعمالها عند العامة وخلقت عندهم وهى دون هذه التى ذكرناها فى الفعل ⑦

[٢١] فاما اللولب الانثى فانه يعمل على هذه الجهة^{١٥} تؤخذ خشبة صلبة يكون طولها اكثر من مثلى اللولب الانثى * وتخبها مسار للولب الانثى^{٣)} ونعمل فى الجهة الواحدة فى نصف طول الخشبة لولبا على ما قدمنا صفته وليكن عمق الدوائر اللولبية فيه كعمق دوائر اللولب الذى نريد ان نديره فى هذا اللولب الانثى ونخرط من^{٢٥}

1) K على 2) C om. 3) C om.

die zu beschreiben uns aber nicht gut dünkt, weil ihr Gebrauch beim Volke häufig und gewöhnlich ist, obschon sie in der Leistung den von uns erwähnten nachstehen.

- 21 Die Mutterschraube wird nun auf folgende Weise hergestellt. Man nimmt ein hartes Stück Holz (*bc*), dessen Länge doppelt so groß ist, als die Mutterschraube und dessen Dicke derselben gleich ist. Auf der einen Seite machen wir auf der Hälfte des Holzes eine Schraube (*d, d*) nach der früher gegebenen Beschreibung. Die Tiefe der Windungen an derselben sei so groß wie

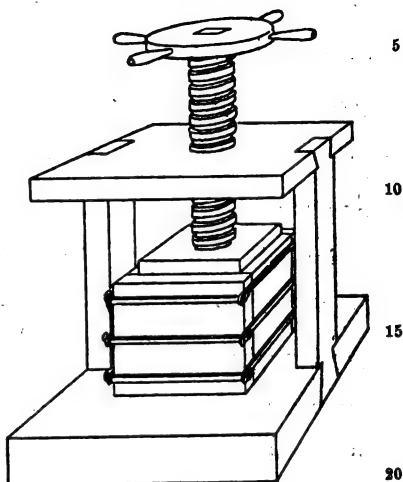


Fig. 60.

diejenige der Windungen an der Schraube, die wir in die Mutterschraube eindrehen wollen. Auf der anderen Seite dreheln wir den Betrag der Dicke der Schraubengänge ab, 25 so daß das Holz wie ein gleichmäßig dicker Pflock (*e, e*) wird. Dann ziehen wir den Durchmesser der Grundfläche des Holzes und teilen denselben in drei gleiche Teile. In dem einen der beiden Teilpunkte errichten wir eine Senkrechte auf dem Durchmesser. Dann ziehen wir von den Endpunkten dieser 30 auf dem Durchmesser senkrecht stehenden Linie in der ganzen Länge des Pflockes zwei gerade Linien (*ty, uz*). Dies erreichen wir, wenn wir den Pflock auf eine gerade Platte legen, und ihn mit einer Zange furchen, bis wir das Gewinde erreichen. Dann wenden wir vorsichtig eine 35 feine Säge an, und sägen ihn bis zum Gewinde durch. Darauf trennen wir das bezeichnete Drittel (*uty*) von

ان يكون اقل من عرض تلك برع عرضها ثم نصير لهذه
 المائدة رجلا مربعا على زوايا قائمة يكون اسفلها كهيئة
 الدرج ويكون طولها اكثر من عرض المائدة بشيء يسير
 ليقوم عليها جميع الآلة قياما جيدا وينبغي ان نفرض
 نصف القائمة فرضا مقتدرا ونفرض نصف المائدة بقدر⁵
 ذلك الفرض الذى فى القائمة ونركب احد الفرضين على
 الآخر حتى يثبت عليه ثباتا جيدا ثم نصير على المائدة
 بين اللوليين اربعة حيطان متصلة من الراح رفاق يكون
 ثخنها اقل من اصبع ويكون طول المربعة وعرضها التى
 تكون بين هذه الألواح بالقدر الذى اذا صيرت فى¹⁰
 وسطها الغالاغرا يكون بينهما وسع يحيط¹⁾ بالغالاغرا
 تسيل فيه الرطوبات وينبغي ان نحفر فى وسط هذه
 المائدة حفرا يسع سطح الغالاغرا الذى يماس المائدة
 أى تدخل فيه ونركب الغالاغرا فى هذا الحفر ثم نصير
 فى اعلاها لوحا ثخيننا يملأها ونركب عليه قرمبة اصغر¹⁵
 من اللوح طولا وعرضا يكون ثخنها يملأ الغالاغرا ثم ندير
 اللوليين بالاوتاد التى فى الفلك حتى تندخط الخشبة
 التى فيها الحفر اللولبي الاثنى على القرمبة فتتكبس القرمبة
 وتكبس القرمبة اللوح الذى فى داخل الغالاغرا فيعصر
 الجسم الذى فى الغالاغرا وتسيل الرطوبات ثم يدار²⁰

1) Codd. يحوط

sitzt. Dann errichten wir auf dem Tisch zwischen den beiden Schrauben vier miteinander verbundene Wände aus dünnen Platten, die weniger als einen Finger dick sind; die Länge und Breite des Vierecks zwischen diesen Platten soll eine solche sein, daß, wenn die Galeagra mitten hineinkommt, zwischen beiden ein die Galeagra umgebender freier Raum bleibt, in welchen die Flüssigkeit fließt. In der Mitte des Tisches müssen wir eine Grube machen, so weit wie die Grundfläche der Galeagra, die den Tisch berührt, d. h. sie muß in dieselbe passen, und wir fügen die Galeagra in diese Grube ein. Dann legen wir oben auf eine dicke Platte, die sie (der Breite nach) ausfüllt, und darüber ein Holzstück von geringerer Länge und Breite als die Platte, aber so dick, daß es die Galeagra (der Tiefe nach) ausfüllt. Dann drehen wir die Schrauben mittels der Speichen, die an den Scheiben sind, bis sich das Holz, in dem sich die Mutterschrauben befinden, auf das Holzstück senkt. Dann wird das Holzstück gedrückt, und das Holzstück drückt die Platte im Innern der Galeagra und preßt den Körper in der Galeagra aus, und die Flüssigkeit läuft ab. Dann dreht man die Schraube wieder nach der anderen Seite, sodaß das Holz sich hebt, das Holzstück wird weggenommen und der zu pressende Gegenstand vertauscht, bis alle Flüssigkeit aus demselben heraus ist.

25

20 Es giebt ein andres Werkzeug mit einer Schraube. Es besteht darin, daß wir auf dem Tisch zwei Pfosten anbringen, die das Querholz, in welchem sich die Mutterschraube befindet, tragen. Die Mutterschraube befindet sich in der Mitte dieses Holzes. Dann fügen wir die Schraube in dieses Loch ein und drehen sie mittels der Speichen, die an der Scheibe sind, bis sich die Schraube auf die oben in der Galeagra aufgelegte Platte senkt, sie preßt und die Flüssigkeit abläuft.

Man muß den Druck mehrmals wiederholen, bis in dem zu pressenden Körper keine Flüssigkeit mehr vorhanden ist. Es giebt noch viele andre Arten von Pressen,

فى هذه الثقب اربعة اوتاد وباقى¹⁾ العودين²⁾ تحيط به دائرة بفرض³⁾ غليظ⁴⁾ تكون داخله عن طرفهما⁵⁾ قدر عمق الحفر المستدير الذى حفرناه فى المائدة وليكن قطر هذه الدائرة نصف قطر دائرة قاعدة اللولب فاذا فعلنا هذا ركبنا طرف اللولب الذى فيه هذه الدائرة⁶⁾ المفروضة فى الحفر المستدير الذى فى المائدة ثم دفعنا الضباب التى عملناها حتى تداخل الدائرة المفروضة فثبتت عليها فلا تدع للولب مخرج وكذلك ايضا نفعل باللولب الذى فى الرأس الاخر من المائدة ثم نأخذ خشبة مربعة طويلة يكون طولها قدر الخشبة السفلاية التى اللولب¹⁰⁾ مركب فيها وليكن فى هذه الخشبة دائرتان نافذتان فى عمق الخشبة تخرجان الى الجهة الاخرى مسامتتان لحفرى الدائرتين اللتين طرفا اللولين فيهما وليكن فى هاتين الدائرتين حفر لولبى فى داخلهما لتكون الدائرتان اثنتين⁶⁾ للولين حتى تكون اذا دور اللولبان¹⁵⁾ تنحط الخشبة وكذلك ايضا اذا دور فى الجهة الاخرى ترتفع الخشبة فاما كيف نعمل حفر اللولب الانثى فانا سندخبر به فيما بعد وقد ينبغي ان يكون طول هذه الخشبة وثخنها كما قلنا على قدر طول المائدة وثخنها فاما عرضها فينبغى

1) B om. 2) Codd. التزبيع 3) Codd. بعود 4) Codd. انتاوين 5) Codd. طرفه 6) Codd. غليظة

Um das andre Ende der beiden Hölzer laufe im Kreise ein grober Einschnitt, der soweit vom Ende entfernt ist, als das runde Loch, das wir in den Tisch (d) gebohrt haben, tief ist. Der Durchmesser dieses Kreises sei gleich der Hälfte des Durchmessers des Kreises der Grundfläche 5 der Schraube. Wenn dies geschehen ist, fügen wir das Ende (a) der Schraube, an welchem sich dieser eingekerbte Kreis befindet, in das runde Loch in dem Tische. Dann treiben wir die Sperrhölzer (b, b), die wir gemacht haben [durch Keile (c, c)] an, bis sie in den eingekerbten Kreis 10 einspringen und darin festsitzen und so die Schraube nicht herausfahren lassen. Ebenso verfahren wir mit der Schraube, die ans andre Ende des Tisches kommt.

Nun nehmen wir ein langes viereckiges Holz von der Länge des unteren Holzes, in welches die Schrauben ein- 15 gefügt sind. In diesem Holze befinden sich zwei Kreise, die in das Holz ein- und nach der anderen Seite durchgehen, in derselben Lage wie die beiden Kreishöhlungen, in welchen die beiden Enden der Schrauben sitzen. Im Innern dieser beiden Kreisöffnungen befinde sich ein Schrau- 20 bengewinde, damit dieselben die Mutterschrauben bilden, so daß, wenn die beiden Schrauben gedreht werden, das Holz sich senkt und sich ebenso auch hebt, wenn die Schrauben nach der anderen Seite gedreht werden. Wie man aber die Schraubenmutter herstellt, werden wir im 25 Folgenden darlegen. Die Länge und Dicke dieses Holzes muß, wie gesagt, das Maß der Länge und der Dicke des Tisches haben; seine Breite muß um ein Viertel der Breite desselben geringer sein.

Hierauf machen wir für den Tisch einen viereckigen, 30 rechtwinkligen Fuß, dessen unterer Teil wie eine Stufe aussieht, und dessen Länge um ein Weniges größer ist, als die Breite des Tisches, damit das ganze Werkzeug darauf feststeht. Die Mitte dieses Fußes müssen wir mit einer angemessenen Nute versehen, und die Mitte 35 des Tisches mit einem, der Nute des Fußes entsprechenden Zinken und diesen in jene einfügen, so daß er ganz fest-

خشبة طويلة مستوية صلبة في طبيعتها ولا الى حاجر
 ثقيل عظيم ولا حبال قوية ولا ينالنا فيها امتناع لصلابة
 الحبال ولكنها سليمة من هذا كله تكبس كبسا شديدا
 وتخرج الرطوبات باستقصاء وصنعها هي هذه التي نحن
 ذاكروها ٥ نستعمل خشبة مربعة يكون طولها ستة اشبار⁵
 وعرضها ليس باقل من قدمين وثخينها ليس باقل من
 قدم واحد ولتكن هذه الخشبة صلبة في جنسها لا تكون
 شديدة اللين ولا هشيمة لكنها تكون متوسطة ولنسبها
 مائدة فنضع المائدة معترضة ونحفر في طرفيها على بعد
 متقارب ثقبين عميقين في داخلها مستديرين ونصير لكل¹⁰
 ثقب ضبتين من خشب نافذتين في عمق المائدة وليكن
 طرفاهما قسيًا¹ تلتقي فتكون منهما دائرة صغيرة اصغر من
 الدوائر المحفورة ولتكن هذه الضباب موروثة الحفر لتكون
 اذا ركبت ثبتت فلا تنقطع بنة ثم نأخذ عودين صليبين
 مستويين مربعين على مسطرة يكون ثخينهما وعرضهما¹⁵
 متساويين ولندع من احد رأسيهما بعدا مقتدرا مربعًا
 ونأخذ زوايا باقى العودين ونديرهما² بالمبرد³ ونرسم
 عليهما⁴ لولبا متساوي الثخن ونصير في طرف خشب
 اللولب الذى⁵ تركناه مربعًا فلكة مثقوبة باربع ثقب ونصير

بالنهي Codd. 3) نديره Codd. 2) قشّي Codd. 1)

قد K add. 5) عليه Codd. 4)

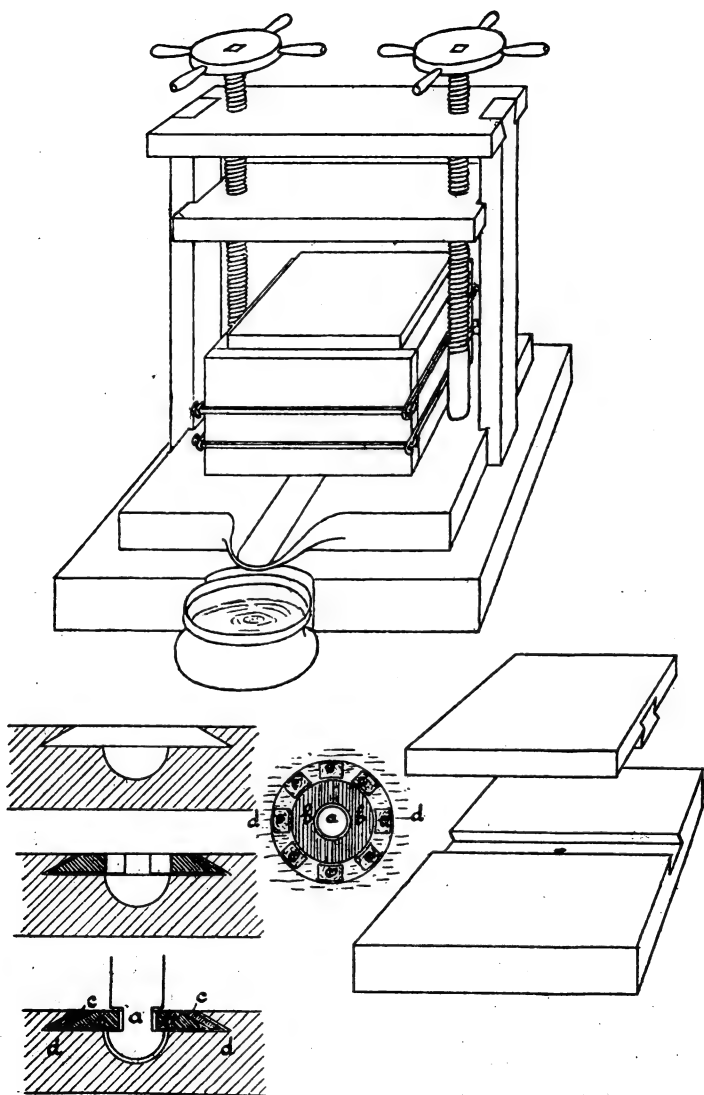


Fig. 59.

[١٨] والآن نخبر بصنعة^١ المعاصر التي تعصر بها بشدة وقوة ونذكر الفصل الذي * بين الآلات التي^٢ تقدم ذكرها وبين هذه الآلات^٣ وهي من^٤ اقوى ما يكون وانقذه واولا^٥ نخبر الفصل الذي يبينها ثم نصف صنعتهما^٦ فنقول إن الخشبة التي تسمى الجبل ليس^٧ هي الا مخل ما يكبس ثقلا والثقل الذي يكبس هو في طرفه المتعالى عن الارض فاذا كبس لا تزال الرطوبات تسيل الى ان يقعد الثقل على الارض فاما * هذه الآلات التي^٨ نريد صفتها * فانها قوية^٩ جدا ولكن كبسها^{١٠} ليس بمتصل ايضا شديد فلذلك يجب ان تتعاهد وقتا بعد وقت بالتدوير والشد فاما في الخشبة التي تسمى جبلا فانك اذا علقت الحجر وتركته كان هو وحده يكبس ولم يحتج الى ان تتعاهد بالكبس مرة بعد مرة فهذا الاختلاف الذي يعرض بين الآلات

[١٩] * وقد تنفع هذه الآلات^{١٠} التي نخبر الآن^{١٥} بصنعتها في عصر الزيت وهي سهلة العمل يمكن ان تنقل او تصير في اى المواضع اردنا وليس نحتاج فيها الى

من ذكرنا Codd. 3) Codd. om. 2) بصناعة BCL 1)
 LC 6) اولى Codd. 5) B om. 4) فيها (فيه K) اللين
 فانهما قويتان B 8) هذان الآلتان التان B 7) صفتها
 9) كبسها B 10) B om.

holen. Bei dem Oros genannten Balken dagegen übt der Stein, wenn er aufgehängt ist, und dann losgelassen wird, allein den Druck aus, und man hat eine mehrmalige Wiederholung des Drückens nicht nötig. Das ist der Unterschied zwischen den Werkzeugen. 5

- 19 Die Werkzeuge, deren Herstellung wir jetzt besprechen, dienen zum Pressen von Olivenöl. Sie sind leicht zu handhaben, können transportiert und an jeden beliebigen Ort gebracht werden. Man hat bei denselben keinen langen, gleichmäßigen Balken von harter Natur, noch einen großen, schweren Stein, noch starke Seile nötig, auch begegnet uns dabei kein Hindernis wegen der Härte der Seile; sondern sie sind frei von alledem, üben einen starken Druck aus und pressen die Flüssigkeiten vollkommen aus. Ihre Herstellung geschieht so, wie wir jetzt darlegen. 15

Wir nehmen ein viereckiges Holz von sechs Spannen Länge; seine Breite sei nicht geringer als zwei Fuße, und seine Dicke nicht geringer als ein Fuß. Dieses Holz sei von fester Art, nicht zu weich und nicht zu trocken, sondern von mittlerer Qualität. Wir nennen es „Tisch.“ 20

Wir legen nun den Tisch flach auf, und bohren an seinen beiden Rändern in gleichem Abstände zwei tiefe, runde Löcher hinein. In jedes Loch bringen wir zwei Sperrhölzer, (b, b) die in die Tiefe des Tisches hineinragen. Ihre beiden Enden seien Bogen, die sich treffen, so daß dadurch ein 25

kleiner Kreis entsteht, der kleiner ist als die gebohrten Kreislöcher. Diese beiden Sperrhölzer mögen schief geschnitten sein, damit sie, wenn sie eingefügt sind, fest bleiben und gar nicht nachgeben. Dann nehmen wir zwei harte, viereckige, linealgerade Hölzer, von gleicher Dicke 30

und Breite; den einen Kopf derselben lassen wir auf einen angemessenen Abstand viereckig. Die Kanten des übrigen Teils der beiden Hölzer nehmen wir und machen sie mit der Feile rund und konstruieren darauf eine Schraube von gleichmäßiger Dicke. An dem Ende des Schraubenholzes, 35

das wir viereckig gelassen haben, bringen wir eine Scheibe mit vier Löchern an, in welche wir vier Speichen stecken.

اسفلها¹) حتى يكون* الذى يبقى من ثخن الخشب
 قدر نصفه وقد ينبغى ان يكون الفرض الذى فى المساطر
 متساويا ليتراكب بعضها على بعض ثم نركب المساطر حتى
 يكون²) بتركيب³) جميعها شكل مربع متساوى الاضلاع
 شبيه بالتاجوت وقد ينبغى ان تكون فرج المساطر الداخلة⁴
 واسعة لتسهيل الرطوبات منها سريعا⁴) اما فى هذه الآلة
 فليس يحتاج ان يكون الخشب على العنب والالواح
 المركبة فوقه ضخمة جدا لانه⁵) اذا انعصر العنب فيقدر
 ما انعصر منه يرتفع من المساطر لئلا يعرض منها امتداع ☉
 [1v] فاما الغالاغرا الاخرى فان اربعة⁶) حيطانها¹⁵
 تعمل متصلة⁷) بعضها ببعض⁸) بثلاث عوارض فى كل واحد
 منها وقد ينبغى ان يصير فى هذه الثلاث⁹) العوارض
 فضل فى جوانبها مفروض فرضا يبلغ الى نصف ثخنها لان
 تكون اذا ركب بعضها الى بعض تثبت الاربعة المحيطان
 مهديمه وقد ينبغى فى هذه الآلة ايضا ان تكون فرجها¹⁵
 واسعة وتوضع على لوحها الاعلى قربة يكون لها ارتفاع
 على ما ذكرنا اولا لئلا تنال الخشبة بعض العنب وتزول*
 القربة الى اسفل الغالاغرا¹⁰) ☉

1) BCL اسفلها 2) B om. 3) BCL بتركب 4) B om.

5) Codd. لان 6) Codd. اربع 7) Codd. متصل 8) K

الى بعض 9) Codd. الاربع 10) B om.

Werkzeug braucht das Holz, das auf den Trauben liegt, und die Platten, die darüber aufgeschichtet werden, nicht sehr dick zu sein, weil sie, wenn die Trauben gepresst werden, (durch Auflegen neuer Platten) je nach dem Betrag des bereits davon Gepressten, über die Latten hinaus- 5 ragen, sodaß kein Hindernis aus diesen entsteht.

- 17 Was nun die andre Galeagra betrifft, so wird die Verbindung ihrer Wände*) mit einander durch drei Querhölzer an jeder derselben hergestellt. An den Seiten dieser drei Querhölzer muß ein Fortsatz sein, der mit einer bis in 10 die Mitte ihrer Dicke reichenden Kerbe versehen ist, damit die vier Wände fest aneinander gefügt sind, wenn sie zusammengesetzt werden. Auch bei diesem Werkzeug müssen die Ritze weit sein, und auf die oberste Platte ein Stück Holz gelegt werden, das nach dem vorhin Er- 15 wählten oben hinausragt, damit der Pressbalken nicht einen Teil der Trauben trifft, sondern der Holzklotz sich bis auf den Boden der Galeagra senkt.

- 18 Jetzt wollen wir die Herstellung der Pressen besprechen, die stark und kräftig pressen, und den Unterschied er- 20 wähen, der zwischen den bereits genannten und den folgenden Werkzeugen besteht, die zum stärksten und vollkommensten gehören, was es giebt.

Zuerst legen wir den Unterschied zwischen ihnen dar, und dann beschreiben wir ihre Herstellung. Wir sagen 25 also, daß der Oros genannte Balken nichts Andres ist, als ein Hebel, den ein Gewicht niederdrückt. Das Gewicht, das ihn drückt, befindet sich an seinem über dem Erdboden erhabenen Ende. Wenn es den Druck ausübt, so fließen die Flüssigkeiten ununterbrochen, bis das Gewicht auf dem 30 Boden sitzt. Die Werkzeuge, die wir nun beschreiben wollen, sind zwar sehr kräftig, aber ihr Druck ist nicht kontinuierlich und von gleichmäßiger Stärke. Deshalb muß man das Drehen und Pressen von Zeit zu Zeit wieder-

*) Diese Galeagra ist in Fig. 59. zwischen den Schrauben der Doppelschraubenpresse gezeichnet.

فتنكبس الخشبة ويرتفع الحجر فيبعصر كل شيء تحت الخشبة فاذا انحط الحجر الى ان يقعد على الارض ادرفاه تدويرا ضد ذلك حتى ترتفع الخشبة ويثبت الحجر وهذا العمل قوى وثيق مأمون العاقبة ليس فيه كثير

تعيب ٥

[١٩] وقد احتال قوم في استخراج اجناس اخر* من آلات^١ العصر فعملوا مكان الحبل الذى يلف على العنب المروض ومكان* القفاف التى تصير فيها الزيتون^٢ بعد ان فرض وتدخل تحت الجبل آلة من خشب سموها غالاغرا يملؤها ما ارادوا ويضعونها تحت الخشبة التى تستى^٣ الجبل ويحيطون الخشبة عليها فانه يجتمع لهم بذلك وسع لما يريدون ان يعصرونها وسهولة العمل وهذه الغالاغرا صنعتها^٤ على ضربتين احدهما تكون مركبة وهى على هذا العمل توخذ خشبة صلبة فى طبيعتها مكتنزة فنعمل منها مساطر يكون طولها بقدر الآلة التى نريد ان نعملها^٥ ويكون عرضها قدر* شبرين وتخبها قدر^٦ ستة اصابع ثم نفرض فى طرفي^٧ كد مسطرة من الجهتين جميعا بعد ان ندع منها^٨ ستة اصابع فرضا فى اعلاها^٩ وننفذ فى عمق المساطر قدر ربع تخبها وكذلك ايضا نفعل فى

1) Codd. om. 2) B om. 3) BCL صفتها 4) B om.

5) B om. 6) Codd. منه 7) Codd. اعلاه

in welche man die Oliven legt, nachdem sie mit einem Einschnitt (?) versehen worden, und die man unter den Oros bringt, ein Instrument aus Holz gemacht, das man Galeagra nennt. Dies füllt man mit beliebigem Material an, stellt es unter den Oros genannten Balken, und läßt 5 den Balken darauf herab. Hierdurch erhält man einen weiten Raum für das, was man pressen will, und Erleichterung für die Arbeit.

Die Herstellung der Galeagra geschieht auf zwei Arten. Die eine derselben ist zusammengesetzt, und entsteht nach 10 folgendem Verfahren. Man nimmt Holz von harter und starker Beschaffen-

heit, und macht daraus Latten von der Länge des Instrumentes, das man machen will. Ihre Breite messe zwei Spannen, und ihre Dicke sechs Finger. Dann schneiden wir an beiden Enden jeder Latte auf beiden 15 Seiten, nachdem man sechs Finger breit davon freigelassen, eine Kerb

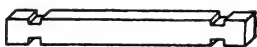
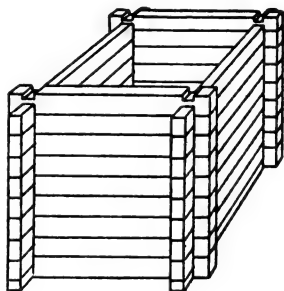


Fig. 58.

in den oberen Teil und lassen sie auf ein Viertel der Dicke in die Tiefe der Latte eindringen. Ebenso machen wir es auf der unteren Seite, sodaß der Rest 20 der Dicke des Holzes noch seine Hälfte beträgt. Die Kerben in den Latten müssen gleichmäßig sein, damit eine in die andre paßt. Dann setzen wir die Latten zusammen, sodaß aus der Zusammensetzung aller ein gleichseitiges, viereckiges, kastenähnliches Gestell entsteht. Die 25 inneren Ritze zwischen den Latten müssen weit sein, damit die Flüssigkeiten schnell daraus ablaufen. Bei diesem

الجزئين حتى تصيرا شياً واحداً ينبغي ان يكون الحفر اللولبى ايضا فى الخشبة الانثى نافذاً فى الجهة الواحدة الى غاية الخشبة فاما فى الجهة الاخرى فانه يدع غير محفور صلباً¹⁾ فاذا ركبنا طرف اللولب فى طرف الخشبة المجوفة التى قد بلغ حفرها اللولبى الى اقصاها ودور²⁾ ذلك ينفذ اللولب كله فى الخشبة المحفورة حتى يستتر كله فاذا فعلنا ذلك حفرنا فى طرف هذه الخشبة المحفورة الداخلى دائرة فى عنقها³⁾ دون طرفها ببعد يسير وركبنا عليه خواتيم حديد كما نفعل فى محاور العاجل ثم نحفر فى الحاجر حفراً يسع طرف هذه الخشبة⁴⁾ ان تتراكب فيه وليكن يمكن فيه ان تدور الخشبة تدويراً سهلاً ثم نركب طرف الخشبة فى⁵⁾ ذلك الحفر ونصير له ضباباً حديداً⁶⁾ تمنع الخشبة من أن تخرج من الحفر الذى فى الحاجر ونصير على الدائرة المفروضة فى طرف الخشبة ايضا خاتماً حديداً⁷⁾ ليكون تدويرها سهلاً⁸⁾ ونصير فوق هذا الطرف⁹⁾ المركب فى الحاجر ثقباً متخالفاً تخرج منها اربعة اطراف وتدين فاذا فعلنا ذلك واردنا استعمال الخشبة التى تسمى الجبل اوصلنا طرفى اللولب والخشبة المحفورة الداخلى ثم تدار الاربعة الاوتاد

1) Codd. صلب 2) K عمقها 3) B om. 4) Codd.

الحفر 6) Codd. خاتم حديد 5) Codd. ضباب حديد

Das Gewinde muß auch in dem Mutterholz auf der einen Seite bis zum Ende des Holzes gehen; am anderen Ende läßt man es ungebohrt, massiv. Wenn wir nun das Ende der Schraube in das Ende des ausgehöhlten Holzes, dessen Gewinde bis zu seinem äußersten Rande reicht, einfügen, 5 und die Schraube gedreht wird, so geht dieselbe ganz in das ausgehöhlte Holz hinein, bis sie ganz darin verschwindet. Wenn wir dies gethan haben, schneiden wir am Ende dieses innen ausgehöhlten Holzes an seinem Halse in kurzer Entfernung vom Ende einen Kreis (a) aus, und 10 setzen einen eisernen Ring (c) darauf, wie man es bei Wagenachsen macht. Darauf graben wir in den Stein ein Loch (c), so weit, daß das Ende dieses Holzes (a, d) hineinpaßt, und wir dasselbe leicht darin drehen können. Nun setzen wir das Ende des Holzes in dieses Loch ein, 15 und bringen eiserne Haken (f, f) daran (an dem Stein) an, die das Holz hindern aus der Grube im Stein herauszufahren. An dem, am Ende des Holzes ausgekerbten Kreise bringen wir ebenfalls einen eisernen Ring (d) an, damit es sich leicht drehen läßt. Oberhalb dieses in den 20 Stein eingelassenen Endes machen wir einander entgegengesetzte Löcher, aus welchen die vier Enden zweier Speichen herausragen. Wenn wir dies gethan haben, und den Oros genannten Balken benutzen wollen, bringen wir die beiden Enden der Schraube und des im Innern ausgehöhlten Holzes an einander. 25 Danach werden die vier Speichen gedreht, bis die Schraube in die Höhlung eindringt, der Balken herabgedrückt wird, der Stein sich hebt, und so Alles unter dem Balken ausgepreßt wird. Wenn sich der Stein so weit gesenkt hat, daß er auf 30 der Erde aufsitzt, drehen wir im entgegengesetzten Sinne, so daß sich der Balken hebt, während der Stein liegen bleibt. Dieses Verfahren ist kräftig und solid, von sicherem Ausgange (gefahrlos) und ohne viele Mühe.

- 16 Manche haben daran gedacht andre Arten von Press- 35
werkzeugen zu erfinden, und haben an Stelle des um die
zu pressenden Trauben gewundenen Netzes und der Körbe,

وبين الحجير وناخذ نصفه او اكثر من ذلك قليلا ونعمل بهذا الطول لولبا عدسيا معتدل الثخن وليكن الحفر اللولبي لا يخرج الى نهاية خشبة اللولب من الجهة الواحدة فاما من الجهة الاخرى فانه يدبغى ان يكون الحفر اللولبي يبلغ نهاية الخشبة اللولبية ونصير الفاضل من⁵ الخشبة مربعة ونفرض في هذا المربع حفرا يسمى طرمس وهو دائرة تحفر في طرف العود حتى يتراكب العود بالخشبة التى يحتاج ان يوصل بها ثم نركب هذا الطرمس فى احدى جهات اللبنة التى تلى ما تحت الخشبة ثم نستعمل مسامير من حديد معترضة فنركب اطرافها فى¹⁰ هذا الحفر ونستمر باقيها على اللبنة ونستعمل ايضا محور حديد نجبره فى هذا الطرمس ونخرجه الى اللبنة فندشه فيها ليبريده¹⁾ وثاقه واتصلا باللبنة²⁾ ثم نستعمل خشبة اخرى مربعة من عود صلب قوى يكون طولها مساويا لطول اللولب وعرضها الذى يحيط به ضلع من اضلاع مربع¹⁵ قاعدتها اطول من قطر الاسطوانة اللولبية بالقدر الذى يمكن به ان نركب تلك الاسطوانة فى داخل هذه الخشبة المربعة ثم نشقها بدعفين طولا ونحفر من كل واحد من جزئيه حفرا ميرايا مستديرا نصيره أنثى اللولب ونحفره حفرا لولبيا يمكن ان يتراكب فيه اللولب الذكر ثم نلصق²⁰

1) K add. قوة 2) Codd. add. الخشب

bringen wir auf dem Oros genannten Balken festsitzende Hemmungen(?) an, damit dieser Backstein nicht weiter laufe, als nötig ist, sich aber doch nach beiden Seiten hin bewegen kann. Dann heben wir den Pressbalken so hoch wie möglich, um die Trauben darunter zu legen, 5 messen die Entfernung zwischen dem Backstein und dem Stein, nehmen davon die Hälfte oder ein wenig mehr und machen nach dieser Länge eine gleichmäfsig dicke, linsenförmige Schraube. Das Schraubengewinde gehe aber auf der einen Seite nicht bis zum Ende des Schraubenholzes; 10 auf der andren Seite mufs jedoch das Gewinde das Ende des Schraubenholzes erreichen. Den überragenden Teil des Holzes machen wir viereckig und schneiden in dieses Viereck eine Grube, Tormos genannt. Das ist ein Kreisloch, welches in das Ende des Holzes gebohrt wird, so 15 dafs dieses Holz sich mit dem Holz (dem Backstein), mit dem es verbunden werden soll, zusammenfügen läfst. Dann fügen wir diesen Tormos an die eine der unter dem Pressbalken gelegenen Seiten des Backsteins, nehmen eiserne Quernägel (?), fügen ihre Enden in dieses Loch ein und 20 nageln den Rest derselben in den Backstein. Nun benutzen wir eine eiserne Achse, die wir in diesen Tormos einführen, sie nach dem Backstein gehen lassen und sie daran befestigen, damit sie die Festigkeit der Verbindung mit dem Backstein erhöhe. 25

Hierauf nehmen wir ein andres viereckiges Stück von starkem harten Holze, von gleicher Länge wie die Schraube; seine Breite, welche von einer von den Seiten des Vierecks seiner Grundfläche bestimmt ist, sei um soviel gröfser als der Durchmesser des Schraubencylinders, dafs wir diesen 30 Cylinder in das Innere dieses viereckigen Holzes einfügen können. Dann spalten wir es der Länge nach, machen in jeden der beiden Teile einen runden kanalartigen Graben, um eine Mutterschraube daraus zu machen, schneiden das Schraubengewinde ein, so dafs die Vater- 35 schraube eingefügt werden kann. Hiernach verbinden wir die beiden Teile wieder, so dafs sie zu einem Stück werden.

فان صلابة¹⁾ الحبل تفعل امتناعا ما من انحطاط الخشبة وارتفاع الحجر لان الحبل اذا كان صلبا فانه لا يجرى على البكر فى رفع الحجر²⁾ الى الجهة العليا وفى انحطاط الخشبة الى اسفل وفى رفع الحجر يحتاج ان نستعمل اوتادا طوالا³⁾ ندير المحور بها ولا تأمنا اذا كان العنب⁵ المروض⁴⁾ الذى تحت الخشبة كثيرا وكان الذين يديرون هذا المحور الذى الحبل عليه جماعة ان ينكسر بعض الاوتاد فيقع فينالهم ضرر او ينقلب من الثقب فيقع ايضا فينالهم مثل ذلك فاستخرجوا حيلة اخرى لا يحتاج فيها الى حبل اسهل من هذه واثق منها وهذه صفتها¹⁰ ○ نستعمل جسما من خشب مربع كهية اللبنة⁶⁾ فتركبها تحت الخشبة التى تدعى الحبل فى الموضع الذى كان يصير فيه الحبل وليصير احد اجزائه التى تلى ما فوق مستديرة ونصير من كل جهة من ناحيتى الركن الثابت لجأت⁶⁾ ثابتة على الخشبة التى يقال لها الحبل لئلا¹⁵ تجرى هذه اللبنة اكثر مما يحتاج اليه ويمكنها ان تميل الى الجهتين جميعا ثم نرفع الخشبة اعظم رفعها الذى نرفعه لوضع العنب تحتها ونقدر البعد الذى بين اللبنة

1) B om. 2) Codd. الخشبة 3) B add. القوة 4) B add. القوة
يستونها (يسمو فيها Cod.) باليونانية برها (msc. s. p.)
4) LCB s. p. 5) Codd. لبنة et لمة 6) K لجنابات

Wir benutzen einen viereckigen Körper von Holz, der wie ein Backstein*) aussieht, und befestigen ihn unter

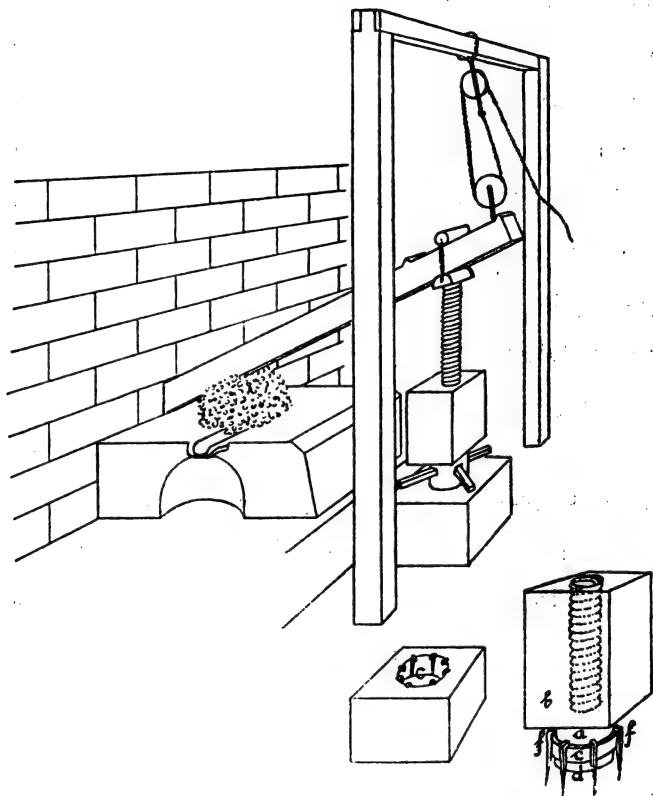


Fig. 57.

dem Oros genannten Balken an der Stelle, wo das Seil war. Den einen, nach oben gerichteten, seiner Teile machen wir rund, und auf beiden Seiten der festen Stütze 5

*) gr. vielleicht *πλινθίον*.

ان نبين ذلك ونشرح¹ منه قدر ما يكتفى بمعرفته ⑤
 فاما الخشبة التى تسمى جبلا² الذى يسميه قوم
 آخرون عصارا³ فليس⁴ شيئا⁵ آخر غير مخل ما وحاجره
 الذى تحت المخل وهو حائط المعصرة الذى طرف
 الخشبة فيه والثقل هو الحبل الملفوف على العقب⁶
 المرضض⁷ والقوة المحركة هى الحجر المعلق فى طرف
 الخشبة الذى⁸ يسمى لثس⁹ وقد يعرض فى الخشب
 العظام ان يكون ثقل الحجر¹⁰ عظيما ايضا ليقوى على
 العصر أما الخشبة العظيمة فانه قد يكون طولها خمسة
 وعشرين ذراعا والحجر المعلق * عليه الذى يسمى لثس¹⁰
 يكون ثقله عشرين قنطارا¹¹ ⑥

[١٤] * فريده ان نحتال فى تعليق¹² الحجر فنستعمل
 هذا العمل¹³ نتخذ آلة كثيرة الرفع ونشد على طرف
 الجبل بكرة وعلى الحجر بكرة اخرى ونشد على الحجر
 فوق البكرة خشبة معترضة نعلقها على الخشبة التى تسمى¹⁴
 الجبل ولنخرج ذلك الحبل الى محور عليه فلكة وندير
 الفلكة فيلتف الحبل على المحور ويرتفع الحجر ⑦

[١٥] * وقد نجد حيلة اخرى نحط بها الخشبة
 التى تسمى اورس ونرفع بها الحجر الذى يسمى لثس

LC 10) الخشب LC 9) لبن et لمن Codd. 8) التى
 B om. 13) طريق BCL 12) ليسا K ليا
 B om. 11)

sei. Die langen Pressbalken sind bisweilen fünfundzwanzig Ellen lang, und der daran hängende Stein, genannt Lithos, hat ein Gewicht von zwanzig Talenten.

- 14 Wir wollen nun das Aufhängen des Steines betrachten. Wir verfahren dabei so: Wir nehmen einen Flaschenzug⁵ und befestigen eine Rolle an dem Ende des Oros, die andre an dem Stein (und führen ein Seil über die Rollen). An dem Steine befestigen wir außerdem ein Querholz über der Rolle, welches an das Oros genannte Holz angehängt wird (um den Stein an dem Pressbalken aufzuhängen, wenn er mittels des Flaschenzugs hoch gehoben ist). Dann führen wir jenes Seil nach einer Welle mit dem Rade, drehen das Rad, so daß sich das Seil um die Welle aufrollt und der Stein sich hebt.
- 15 Wir haben noch eine andre Methode, um das Oros¹⁵ genannte Holz zu senken und den Lithos genannten Stein zu heben. Denn die Steifigkeit der Seile bewirkt ein Hindernis für das Senken des Holzes und das Heben des Steines, weil das Seil, wenn es steif ist, nicht über die Rollen läuft, beim Heben des Steines nach oben und beim²⁰ Senken des Balkens nach unten. Beim Heben des Steines müssen wir auch lange Speichen anwenden, um mittels derselben die Welle zu drehen. Wir sind aber, wenn die zu pressenden Trauben, die unter dem Balken liegen, sehr viele, oder die Leute, die die Welle, auf der sich das²⁵ Seil befindet, drehen, eine größere Anzahl sind, nicht sicher vor dem Brechen einzelner Speichen, so daß (der Stein) herabfällt, und sie so ein Unglück trifft, oder daß (die Speichen) aus dem Loche herausfahren, so daß (der Stein) ebenfalls fällt, und ihnen dasselbe Unglück widerführe.³⁰ So hat man also eine andre Methode herausgefunden, bei der man kein Seil nötig hat, die leichter und sicherer ist. Ihre Beschreibung ist folgende.

1) Codd. ونشبع 2) Codd. حبل et حبل 3) Codd. عصار
4) Codd. ليس 5) Codd. شيء 6) BCL المرصص 7) Codd.

الحجارة بعضها على بعض ثم حلّوا الخشب فيثبت الحائط
على حالته المستوية ○

[١٣] أمّا ما يحتاج اليه في حركة الاثقال وما يدفع
في ذلك فقد* اثبتنا بيانه^١ بما فيه كفاية والآن آلات

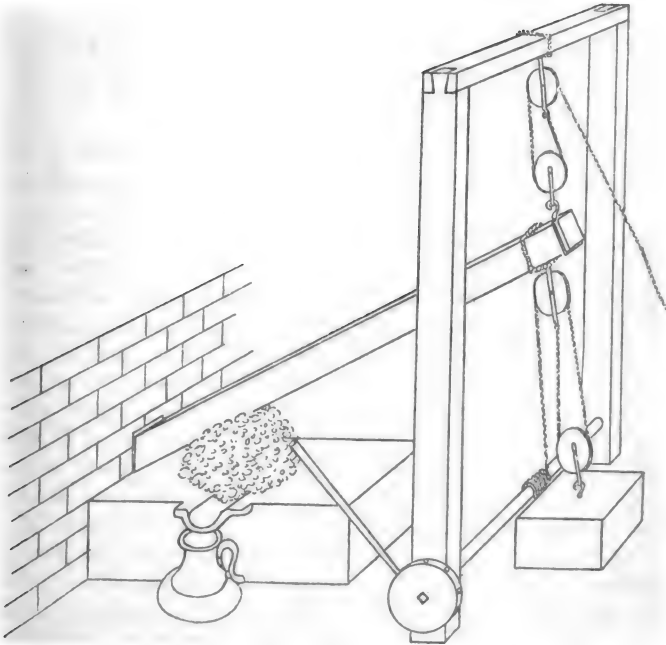


Fig. 56.

الفلاحة اعلى النى تعصر بها الانبذة والادهان ليس
بعيدة عما ذكرنا من استعمال الامخال فانه قد يجب

Seite, nach der sich die Mauer neigt, der Länge der Mauer nach, einen Graben in die Erde. Darin legt man in kurzer Entfernung von der Mauer einen viereckigen Balken, und richtet zwischen der Mauer und dem viereckigen, in dem Graben liegenden Balken, andre Balken 5 auf (die durch einen Querbalken verbunden sind). An dem Ende der senkrechten Balken bringt man Rollen an und führt über dieselben Seile nach dem „Winde“ genannten Werkzeug. Dann dreht man dieses Werkzeug, bis sich die Seile anspannen, und der Querbalken an- 10 gezogen wird. Hierdurch werden die aufrechten Balken angezogen und neigen die Mauer bis sie dieselbe an ihren früheren Platz bringen. Wenn sie wieder an ihren Platz gebracht ist, läßt man sie eine Zeitlang durch diese Balken gestützt stehen, damit die Steine sich in einander 15 setzen. Dann löst man die Balken los, und die Mauer steht in ihrem aufrechten Zustande fest.

- 13 Was zum Bewegen von Lasten notwendig ist, und was hierbei von Nutzen ist, das haben wir nun in genügender Weise auseinandergesetzt. Jetzt sind landwirt- 20 schaftliche Werkzeuge, nämlich solche, mit denen man Wein und Öl preßt, nicht weit abgelegen von der Anwendung der Hebel, die wir erwähnt haben; denn es ist notwendig dies darzulegen, und so viel davon zu erläutern, als man zu wissen braucht. 25

Der Oros genannte Balken, den Andre auch Presse nennen, ist nun nichts weiter als ein Hebel und sein Hypomochlion. Letzteres ist hier die Mauer der Presse, in welcher das Ende des Pressbalkens angebracht ist. Die Last ist das um die zu pressenden Trauben geschlungene 30 Netz, und die bewegende Kraft ist der am Ende des Pressbalkens hängende Stein, genannt Lithos. Bei großen Pressbalken zeigt es sich, daß auch das Gewicht des Steines ein großes ist, damit er zum Pressen stark genug

وصيّروا تحت الطوف تلّليس¹ مملّوة رملًا مشدودة² الاكفال³ فرتبوا الطوف على التلّليس ثم اخذوا سفينتين فشدوهما بالقلوس عن جنبتي الطوف في حائطيه ثم صيّروا الحمل على الطوف وحلّوا التلّليس وسيلّوا الرمل ثم سيّروا السفينتين في البحر فنفذت تحمل الطوف ٥ [١٢] وقوم احتالوا ايضا بان يسبحوا⁴ الحجارة العظام في البحر بهذه الجهة وقوم احتالوا في رفع الحيطان التي قد مالت في الزلازل بهذه الجهة حفروا في الارض في الجهة التي مال اليها الحائط حفرا بطول الحائط ثم وضعوا فيه خشبا مربّعا بعيدا⁵ عن الحائط 10 بعدا يسيرا واقاموا خشبا آخر قائما فيما⁶ بين الحائط والخشب المربّع الذي صيّروا في الحفر ثم صيّروا في اطراف الخشب القائم بكرًا واجازوا عليها الحبال الى آلة تسمّى ملّقة ثم اداروا تلك الآلة حتى انجذبت الحبال وجذبت الخشبة المعترضة وانجذب بانجذابها الخشب 15 القائم فيملّ الحائط حتى⁷ رده الى موضعه فلما رده⁸ الى موضعه تركوه⁹ مشدودا بذلك الخشب زمانا لتستقرّ

LCK الاكمال B 3) مسدودة K 2) بلاليس CLK 1)

بعيدة Codd. 5) سحوا BCL 4) الاكفال de Vaux الاكوام

فرلوة K 9) رده BCL 8) في KCL 7) BCL om. 6)

Heronis op. vol. II. ed. Nix.

mit Sand gefüllte Säcke, mit zugebundenen Öffnungen, und setzt das Floß auf die Säcke. Dann nimmt man zwei Kähne, bindet sie mit Stricken zu beiden Seiten des Floßes an seinen Wänden fest. Danach bringt man die Last auf das Floß, öffnet die Säcke, und läßt den Sand aus-
laufen. Dann läßt man die beiden Kähne in die See fahren, und sie durchschneiden sie, indem sie das Floß tragen.

- 12 Andre dachten auf dieselbe Weise große Steinblöcke auf dem Meere schwimmend zu transportieren. Manche

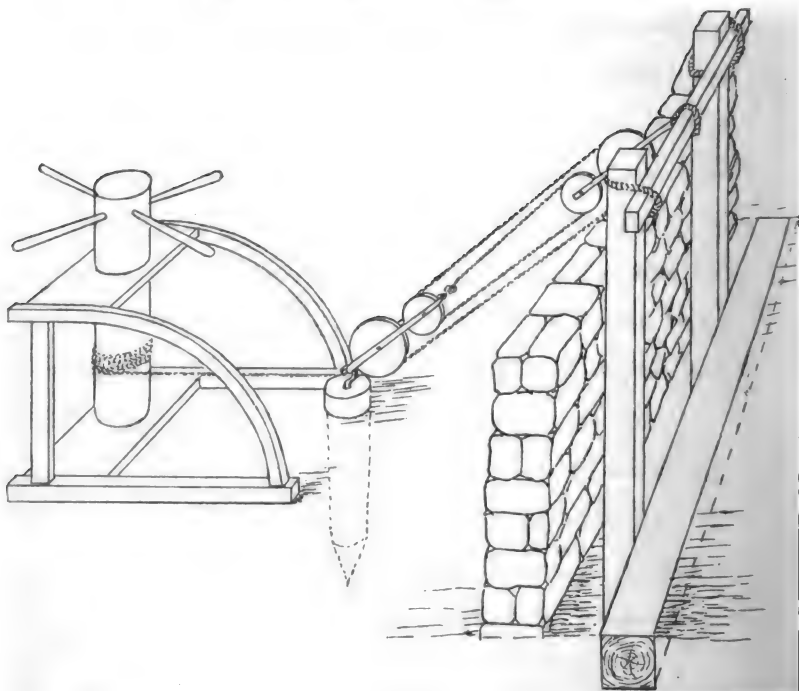


Fig. 55.

benutzten folgende Methode, um Mauern, die bei Erdbeben
sich neigten, wieder aufzurichten. Man gräbt auf der

[١٠] وقد رام قوم ان يرفعوا بهذا العمل ايضا اساطين عظاما فيجلسوها^١ * على قواعدها^٢ في الموضع الذى يريدون وبهذه الحيلة ربطوا فى رأس الاسطوانة التى ارادوا رفعها حبلا واجروها الى بكر مشدودة فى برج ثابت وانفذوها حتى^٣ خرجت الى الجهة الاخرى عن البكر ثم شدوا فى اطرافها التى انفذت فى البكر اوعية تحتل ان توضع فيها الحجارة واشياء ثقيلة اعنى كالصناديق او غير ذلك مما يشبهه ثم صيروا فى تلك الاوعية حجارة مقتدرة واثقالا حتى توازن ثقل العمود وتقوى عليه فانها عند ذلك ترفعه فيقوم قائما على قاعدته وقد ينبغي ان يشد أسفل الاسطوانة الى قاعدتها لئلا يخرج عنها اذا رفعت او يروى عنها او يلق على قاعدة الاسطوانة قلوس نصير لها مثل الاكليل ليكون اذا رفعت الاسطوانة ثبت أسفلها فى تلك القلوس التى قد اديرت عليها ٥

[١١] وقد رام قوم ان يجروا احمالا عظاما فى البحر بهذه الحيلة فانهم عملوا طونا^٤ من خشب مربعا^٥ يشد بعضها^٦ الى بعض بمسامير واوتان وصيروا له حيطانا وثيقة والقوة فى الماء^٧ حيث ارادوا ان يحملوا الثقل

١) B فيجلسوبها ٢) B om. ٣) BCL اذا ٤) B

٥) LKC مرتفعا ٦) Codd. بعضها ٧) K طرفا K طرفا
البناء CL المياء

füllt man die Gefäße mit ziemlich dicken Steinen und Gewichten, bis sie das Gewicht der Säule aufwiegen, und das Übergewicht darüber erreichen; denn so heben sie dieselbe und sie bleibt senkrecht auf ihrer Basis. Der

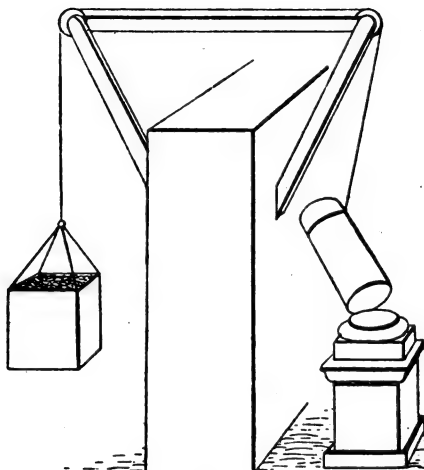


Fig. 54.

untere Teil der Säule muß an die Basis festgebunden 5 werden, damit er, wenn die Säule gehoben wird, die Basis nicht verlasse, oder sich von ihr weg bewege; oder man windet um die Basis der Säule Stricke, die sie wie ein Kranz umgeben, damit der untere Teil der Säule beim Heben fest in jenen Seilen ruht, die um dieselbe herum- 10 gelegt wurden.

- 11 Manche wollten nach folgender Methode große Lasten auf dem Meere bewegen. Man macht nämlich ein viereckiges Floß aus Holz, dessen einzelne Teile mit Nägeln und Bolzen aneinander befestigt sind. Demselben macht 15 man starke Wände, und bringt es ins Wasser, dahin wo man die Last aufladen will. Unter das Floß legt man

المكان والرمان وما يحتاج اليه من غير هذا ايضا ونبيين كيف ينبغي ان نستعمل فى كل واحد من هذه ٥ فقد استعمل قوم فى اصدار الحجارة الكبار من رؤس الجبال الشاهقة¹ حيلة لتلا يكون لانصباب الجبل يتحدر الحجر لحيدة² نفسه فيقع على الدواب التى تجرّ والعجل³ فينقلها فاستعملوا طريقين فى الجبل فى الموضع الذى ارادوا ان يحدروا الحجر فيه من اعلاه الى اسفله وسهلوها بغاية ما يمكنهم واتخذوا عجلتين ذات⁴ اربع⁵ فلك وصيروا احدهما فى اعلى الطريق الذى ارادوا اصدار الحجر فيها⁶ والاخرى فى اسفل الطريق الآخر ثم شدّوا⁷ على ركن ثابت بين الطريقين⁸ بكرًا واجازوا من⁹ العجلة التى تجرّ الحجر الى البكر حبلا وانفذوها الى العجلة الاخرى التى اسفل وصيروا على تلك العجلة التى اسفل حجارة صغارًا ممّا وقع لهم من فجارة الحجر الاعظم حتى نقلوها ثقلا ما اقلّ من الحجر الذى ارادوا اصداره ثم¹⁰ شدّوا الى تلك العجلة دوابّ تجرها مصعدا فكان يصعدون تلك العجلة قليلا قليلا ينحدر الحجر الاعظم الى اسفل افحدارًا سهلا قليلا قليلا ايضا ٥

1) BCL جبال شاهقة 2) B بجذبه 3) L نحيدة K بجذبه 4) K اربعة 5) K منها 6) BCL الطريقتين 7) LK om. 8) دوات 9) دوات

9 Die Arten, schwere Gegenstände zu heben und in die Höhe zu bringen, sind also die von uns erwähnten. Wir müssen aber Ort, Zeit und auch sonstige Erfordernisse in Betracht ziehen, und darlegen, wie wir gemäß jedem einzelnen dieser Umstände verfahren. 5

Beim Herabschaffen großer Blöcke von den Gipfeln hoher Berge wendet man eine Einrichtung an, damit nicht der Stein wegen der Abschüssigkeit des Berges durch seine eigne Abwärtsbewegung ins Rollen komme und auf die Zugtiere, die ihn ziehen und den Wagen fälle und sie vernichte. Deshalb benutzt man bei dem Berge an dem Orte, wo man den Stein von oben nach unten herabschaffen will, zwei Wege, die man möglichst ebnet, und nimmt zwei vierräderige Wagen, deren einen man an die höchste Stelle des Weges, auf dem man den Stein herabschaffen will, den anderen an die tiefste Stelle des zweiten 15 Weges stellt. Dann bringt man an einem festen Posten zwischen den beiden Wegen Rollen an, führt von dem Wagen, der den Stein trägt, Seile über die Rollen und läßt sie nach dem unteren Wagen gehen. Diesen unteren 20 Wagen beladet man mit kleinen Steinen, die sich beim Behauen des großen Blockes ergeben, bis er mit einem etwas kleineren Gewichte, als das des herabzuschaffenden Steines ist, belastet ist. Hierauf spannt man an diesen Wagen Zugtiere, die ihn aufwärts ziehen, und durch das 25 allmähliche Aufsteigen dieses Wagens bewegt sich der große Stein ebenfalls leicht und allmählich nach unten.

10 Manche wollen nach diesem Verfahren auch große Säulen heben und sie auf ihre Postamente an einem beliebigen Orte niederlassen. Bei dieser Methode bindet 30 man an den oberen Teil der Säule, die man heben will, Stricke, führt sie nach Rollen, die an einer festen Stütze angebunden sind, und zieht sie durch, bis sie auf der anderen Seite der Rolle heraus kommen. Dann bringt man an den Enden derselben, die durchgezogen wurden, 35 Gefäße an, in die man Steine und schwere Gegenstände legen kann, ich meine Kasten oder dergleichen. Darauf

الوتدين قد دخل في الحفر الذى عن جنبتي سطح
الحفر ويكون الوتد الثالث قد ملأ^١ ما بين الوتدين
فصارت الثلاثة الاوتاد كهيئة جسم واحد ثم يشد على ذلك
المحور النافذ في الثلاثة الاوتاد قلوس تكون فيها بكر
وتكون في اعلى الآلة التى بها نرفع الثقل بكر اخر محاذية^٥
للتى في الحجر فتنفذ القلوس فيها وتجبذ فان الحجر
يرتفع لان الوتد الاوسط لا يدع الوتدين اللذين اطرافهما
المعوجة في داخل الحجر توكد ثم يرفع الى ان يحاذى
الموضع الذى نريد ان يركب فيه فيجلس على ذلك
الموضع فاذا جلس الحجر في موضعه اخرج المحور^{١٠}
وقلع الوتد الاوسط واخرج كل واحد من الوتدين
المعوجة الاطراف ثم نركب حجرا آخر ونعمل به * العمل
الاول^٢ ⑤ وقد ينبغي ان نتوقى في هذا العمل استعمال
ما صلب من الحديد لئلا ينقصف ونتوقى ايضا اللين منه
لئلا يتعوج وينقلب لثقل الحجر بل نستعمل منه ما كان^{١٥}
متوسطا ليس شديد الصلابة ولا شديد اللين ويتبغى
ايضا ان يتوقى عطف شىء من الحديد وتثنية او شق
يناله في صنعته فان الخطاء فيه يعظم جدا ليس لوقوع
الحجر فقط لكن لانه ينال الصنّاع ايضا اذا وقع ⑥

[٩] اما الانواع التى نرفع^٣ بها او نعمل الشىء^{٢٠}
الثقيل فانها هذه التى ذكرنا وقد ينبغي ان نحتال في

dieselben hindere, sich zu bewegen. Der dritte Pflock sei ebenfalls durchbohrt an seinem oberen Ende ~~durch ein dem Loch der beiden ersten Pflocke entsprechendes~~ Loch. Dann fügen wir in die drei Löcher eine Achse, deren eines Ende dicker ist. Nun füllen die drei Pflocke 5 die Grube $\varepsilon\xi\eta\theta$, und die schiefen Teile zweier Pflocke befinden sich in der Ausbuchtung, die zu beiden Seiten der Grubenfläche ist, während der dritte den Zwischenraum zwischen den zwei ersten ausfüllt; so sehen die drei Pflocke wie ein einziger Körper aus. Hierauf befestigen 10 wir die Seile an der durch die drei Pflocke gehenden Achse, die zu einem Flaschenzug gehen. An dem oberen Teil der Maschine, mittels derer wir die Last heben, befindet sich ein dem am Stein angebrachten paralleler Flaschenzug; führen wir die Seile hierdurch und ziehen 15 an, so hebt sich der Stein, weil der mittlere Pflock die beiden anderen, deren schiefe Teile im Stein festsitzen, nicht losläßt. Dann hebt man ihn, bis er dem Orte, an dem wir ihn einfügen wollen, gegenüber ist, und läßt ihn sich an diesem Platz setzen. Wenn der Stein an 20 seinem Platze sitzt, wird die Achse herausgenommen und der mittlere Pflock und darauf die beiden Pflocke mit schiefen Seiten entfernt; hiernach stellen wir einen andren Stein zurecht und verfahren mit ihm wie vorher.

Bei diesem Verfahren muß man sich hüten zu hartes 25 Eisen anzuwenden, damit es nicht zerbricht; man muß sich aber auch vor zu weichem hüten, damit es sich nicht krümmt und biegt, wegen des Gewichtes des Steines, sondern man wendet mittleres, nicht zu hartes und nicht zu weiches, an. Man nehme sich auch in Acht vor einer 30 Biegung oder Falte im Eisen, oder einem Rifs, der ihm während der Bearbeitung widerfahren könnte, denn ein Fehler darin ist sehr gefährlich, nicht allein, weil der Stein fallen könnte, sondern auch, weil er die Arbeiter trifft, wenn er fällt.

1) B سد 2) B هذا الذى وصفناه 3) K يرتفع

ثالثا حديدا¹) فركبه بين هذين الوتدين ليمنع هذين الوتدين من ان يضطربا وليكن الوتد الثالث ايضا مثقوبا في اعلاه ثقبا موازيا لثقبي الوتدين الآخرين وفركب

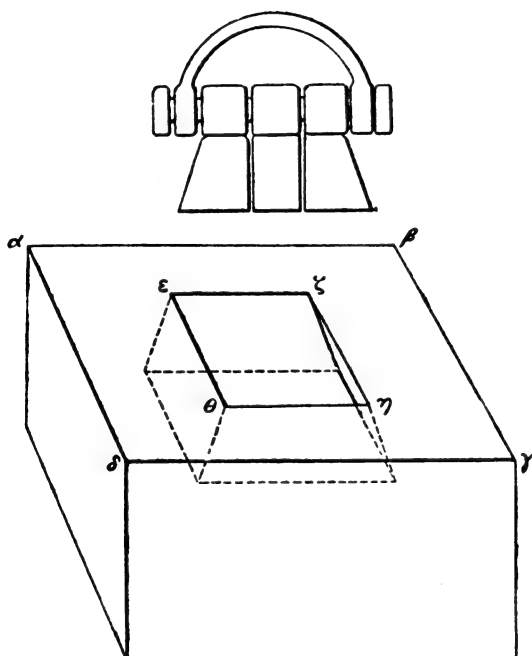


Fig. 53.

في الثلاث الثقب محورا يكون احد طرفيه غليظا فتكون الثلاثة الاوتاد قد ملات حفر هـ ز ح ط ويكون المعوج من⁵

1) Codd. وقد اُختر ثالث حديد

die Seile müssen aufsen an ihnen mit den Rollen verbunden sein; wenn sie angezogen werden, heben sie den Stein.

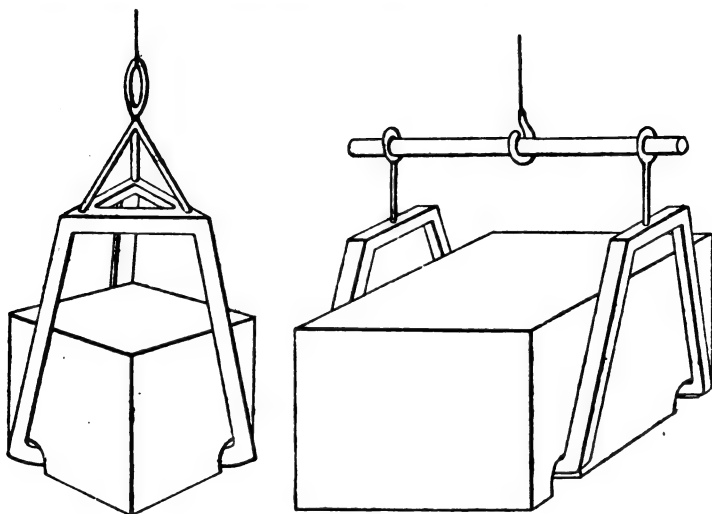


Fig. 52.

- 8 Zum selben Zwecke wendet man auch ein andres Verfahren an, das bequemer und sicherer ist, als dieses. Sei die Oberfläche des Steins mit $\alpha\beta\gamma\delta$ bezeichnet, und 5 höhlen wir in denselben eine einem Rechteck ähnliche Figur, nämlich $\varepsilon\xi\eta\theta$, von gleichmäßiger Tiefe. Diese Grube habe scharfe Seiten d. h. sie habe auf zwei Seiten eine ziemliche Ausbuchtung. Über dieser Ausbuchtung sei sie sehr stark, damit sie den Stein, der an ihr hängt, 10 trage. Wir benutzen nun zwei eiserne Pflöcke, deren Seiten schief seien, ähnlich dem Buchstaben Gamma. Oben sei ein Ring oder ein Loch an ihnen; dann setzen wir jeden der beiden Pflöcke in eine Seite der Grube und bringen den schiefen Teil derselben in die schiefe Aus- 15 buchtung, machen noch einen dritten Pflöck von Eisen, den wir zwischen die beiden ersten einfügen, damit er

أعني في أطراف القوائم وشدّت بحبال ورفعت فانها* تقل
الحمل¹⁾ وقد ينبغي ان يصير في أطراف هذه القوائم
عوارض يجمع بعضها الى بعض خارج الحاجر في اطرافها*
لكي لا²⁾ تكون اذا تعلّق الحاجر* عليها فقلت فيقع
الحاجر³⁾ لكن تكون هذه العارضة تشدّ بعضها الى بعض⁵
وتكون الحبال مشدودة عليها خارجة منها الى البكر
فاذا مدت رفعت الحاجر ⑤

[٨] وقد نستعمل⁴⁾ في هذا عملا⁵⁾ آخر اسهل من
ذلك واكثر وثاقه منه فلتكن قاعدة الحاجر التي عليها
أبجد ولنحفر فيها حفرا شبيها بالمتوازي الاضلاع وهو¹⁰
هـ ز ح ط وليكن معتدل العمق وليكن حفرة مورّب الجوانب
اعني ان يكون له في اسفله من الجانبين غور مقتدر
ويكون على ذلك الغور صلبا ليحجر الحاجر الذي عليه
ونستعمل وتدين⁶⁾ من حديد تكون اطرافهما⁷⁾ معوجة
كهيمّة حرف غما⁸⁾ وليكن في اعلاها حلق او ثقب ثم¹⁵
نركب كلّ واحد منهما في جانب من الحفر وندخل
المعوج منه في الحفر المورّب ونعمل ايضا⁹⁾ * وتدا آخر

1) K تحمل الثقل 2) K لثلا 3) B om. 4) BC

اطرافها Codd. 7) وتدا KL 6) عمل BCL 5) يستعمل

عمال كذا وجدت B عماق sive عمال LC عمال K 8)

الى Codd. 9)

veranschaulichte. Es ist nämlich jede von den Flächen $\varepsilon\zeta\eta\theta$ und $\kappa\lambda\mu\nu$ ein Rechteck; $\varepsilon\zeta\eta\theta$ sei breiter als $\kappa\lambda\mu\nu$. In der Länge aber seien sie einander gleich, d. h. die Linie $\kappa\lambda$ sei gleich der Linie $\varepsilon\eta$. Dann graben wir diese Figur tief in den Stein, die Tiefe der Grube entspreche 5 dem Gewicht des Steines. Die Grube der Fläche $\varepsilon\zeta\eta\theta$ sei durchaus senkrecht, die der Fläche $\kappa\lambda\mu\nu$ aber schief, d. h. der untere Teil sei weiter als der obere, so daß eine Grube wie ein Holzschloß entsteht. Der enge Teil sei gleich $\kappa\lambda\mu\nu$, der breite gleich $\varepsilon\zeta\eta\theta$. Dann machen 10 wir einen ebenfalls wie ein Holzriegel aussehenden Körper von Eisen, der in diese Grube passt, an dessen oberem Teil ein Ring angebracht ist, und der in die Grube $\varepsilon\zeta\eta\theta$ geht, so daß er ganz darin ist; darauf schiebt und stößt man ihn, bis er in die Muttergrube ($\kappa\lambda\mu\nu$) geht, ohne sich 15 zu bewegen. Nun legt man in die Grube $\varepsilon\zeta\eta\theta$ ein Holz, damit das Eisen nicht herausrutscht. Alsdann bringt man an den an dem eisernen Pflock befindlichen Ring die Seile an, die die Schleuder trugen, worin der Stein lag, und hebt ihn auf diese Weise, bis er an den beabsichtigten Ort 20 gelangt, ohne daß ihn etwas hindert. Wenn der Stein an seiner Stelle eingefügt ist, wird der Holzpflock wieder entfernt, das Eisen herausgezogen, um darauf in einen andern Stein eingefügt zu werden, der ebenfalls in die Höhe gehoben wird. 25

- 7 Steine lassen sich auch mittelst der „Krebse“ genannten Werkzeuge heben, wenn sie drei oder vier Stützen haben, und ihre Enden umgebogen sind, so daß sie aussehen wie Angelhaken, und diese Haken in die Seiten der Last gebracht werden. Über ihre (der Stützen) Enden werden 30 Querhölzer gelegt und mit Stricken befestigt, dann in die Höhe gehoben, so daß sie die Last heben. An den Enden dieser Stützen müssen wir die Querhölzer so anbringen, daß sie sich außerhalb des Steins mit ihren Enden vereinigen, damit der Stein, wenn er an ihnen 35 hängt und in die Höhe geht, nicht etwa herabfalle, sondern diese Querhölzer müssen zusammengebunden sein, und

حفر سطح هزحط قائم الروايا مستقصى قيامها وأما سطح
للمن فمورب¹⁾ الحفر اعنى ان يكون اسفله اوسع من
اعلاه فيكون حفرا كهيئة القفل²⁾ الخشب يكون الضيق
منه مساويا للمن والعريض منه مساويا هزحط ونعمل
جسما كهيئة القفل الخشب ايضا من حديد يتراكب على⁵⁾
هذا الحفر يكون فى اعلاه حلقة متصلة به فيصير فى حفر
هزحط حتى يعبر³⁾ فيه ثم يدفع ويدار⁴⁾ حتى يصير فى
الحفر الانتهى حتى لا ينقلع ثم يرتكب على حفر هزحط
خشب لئلا تندفع⁵⁾ الحديد ثم نصير فى الحلقة المتصلة
بالوقد الحديد الحبال التى كانت تحمل المقلاع الذى¹⁰⁾
كان يكون الحاجر فيه * فيقل بهذا العمل حتى يصير فى
لموضع الذى نريد بلا⁶⁾ ان يكون يمنع شىء فاذا
ركب⁷⁾ الحاجر فى موضعه خلعت⁸⁾ تلك الاوتاد ونوعت
الحديدة ثم ركبنا فى حاجر آخر * ويرتفع ايضا⁹⁾ ⑤

[v] وقد تتعالى¹⁰⁾ الحجارة ايضا بالآلات التى¹⁵⁾
تستى السراطين اذا كانت ذات ثلاث قوائم او اربع
وعوّجت اطرافها حتى تصير¹¹⁾ كهيئة الشصاص وركبت
هذه الشصاص فى جانب الحمل وصير فى اطرافها عوارض

1) Codd. مورب 2) B العقل 3) B om. 4) B om.

5) Codd. add. من 6) B om. 7) BCL يرتكب 8) K

قلعت 9) KL om. 10) K تعالى 11) B om.

treffen. Nun bringen wir die Seile des Flaschenzugs an dem Stein an, ziehen dieselben, und die Last hebt sich.

Man muß sich aber bei den mechanischen Werkzeugen hüten, Nägel oder Pflöcke anzuwenden, und zwar überhaupt bei jeder Last, besonders aber bei großen Lasten; 5 dagegen wenden wir Seile und Stricke an, und binden damit zusammen, was wir wollen, anstatt etwas nageln zu wollen.

- 6 Weil es nun bei dem wie eine Schleuder aussehenden Werkzeug, mit dem man die Steine in die Höhe hebt, 10 manchmal vorkommt, daß es hinderlich ist, den Stein an

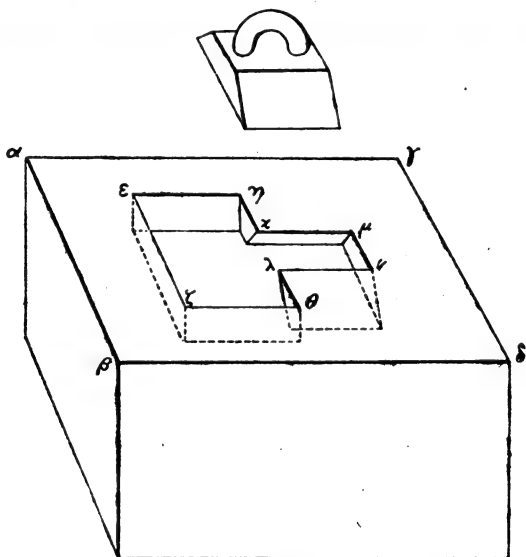


Fig. 51.

die Stelle zu setzen, an die man ihn setzen muß, so wenden wir das Instrument an, das „Aufhänger“ genannt wird. Wir zeichnen auf der Oberfläche des Steines, nämlich der Fläche $\alpha\beta\gamma\delta$, eine Figur wie die in der Zeichnung 15

بعضها ببعض شدا مخالف¹ الترتيب² ليربط³ جميع الاركان
بعضها ببعض ثم نشد البكر فى وسط هذه⁴ الخشب على
العلامة التى تلاقى الاعواد بعضها بعضها عليها ثم نشد الحاجر
فى تلك الاحبال التى فى البكر ونجذبها فيرتفع الحمل⁵
فقد ينبغي ان نتوقى فى جميع آلات الحيل من ان⁶
نستعمل مسامير واوتادا وبالجملة كل ما يكون فى ثقل⁷
ولا سيما فى الاثقال العظام لكننا نستعمل الاحبال والقوس
فنشد بها ما نريد مكان الشىء الذى نريد ان نسمه⁸
[٩] ومن اجل انه قد يعرض⁹ للآلة التى كهية
المقلع التى بها يرتفع¹⁰ الحاجر ان تمنع من تركيب
الحاجر فى الموضع الذى نحتاج¹¹ ان يرتب فيه فاما
نستعمل هذه الحيلة وهى التى تسمى علقا¹² نرسم على
قائدة الحاجر التى هى سطح ا ب ج د شكلا مشابها للشكل
المرسوم وهو ان يكون كل واحد من سطحي ه ز ح ط
ل ا ل م متوازي الاضلاع وليكن ه ز ح ط اعظم عرضا من ل ا ل م¹³
فاما فى الطول فليكونا متساويين اعنى ان يكون خط
ل م مساويا لخط ه ح ثم نحفر هذا الشكل فى عمق
الحاجر وليكن عمق الحفر على قدر ثقل الحاجر وليكن

لترتبط K 3) K om. ترتيب BCL 2) مخالف K 1)

BCL 7) يعارض K 6) ثقل Codd. هذا Codd. 4)

علق CL مملق K على B 9) الية BCL add. 8) يرتفع

eine Last nach einem Orte bringen müssen, um den herum wir dieses Werkzeug aufstellen können, so benutzen wir es dabei..

- 5 Was nun das Werkzeug mit vier Stützen angeht, so wird es bei übergroßen Lasten angewendet. Es besteht 5 darin, daß man vier Pfeiler von Holz in der Form eines viereckigen Geheges mit parallelen Seiten aufstellt, so

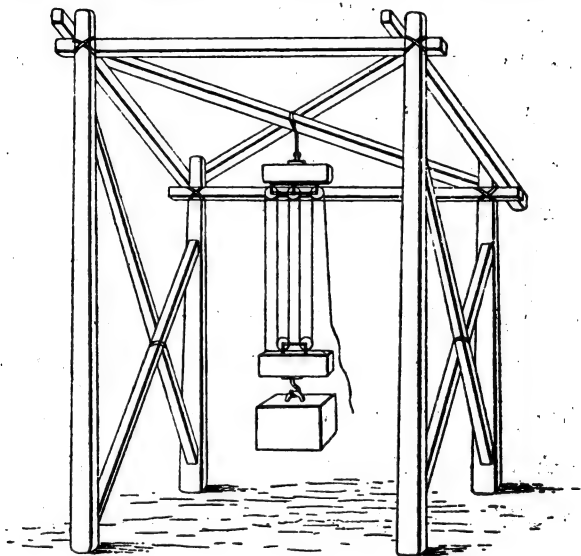


Fig. 50.

weit auseinander, daß der Stein sich darin leicht bewegen und heben läßt. Dann befestigen wir an den Enden dieser Stützen Holzstücke, die mit einander verbunden sind, 10 und zwar fest und sicher. Auf diese Holzstücke legen wir in entgegengesetzter Ordnung (d. i. diagonal) wieder andre, damit alle Stützen mit einander verbunden sind. Hierauf befestigen wir den Flaschenzug in der Mitte dieser Hölzer, in dem Punkte, in welchem sich die Hölzer einander 15

تعمل على هذه الجهة نعمل ثلاثة اركان بعضها مائل الى
 بعض تجتمع اطرافها على علامة واحدة ونشدّ على تلك
 العلامة التى اجتمعت الثلاثة الاركان عليها¹⁾ بكرة كبيرة
 الرفع ويكون بعضها مشدودا على الحمل فاذا جذبت²⁾
 قلوب البكر ارتفع الحمل * وهذه الآلة قاعدتها اوثق وآمن³⁾
 من غيرها ولكن ليس يصلح ان تستعمل فى كل موضع
 نريد لكن فى الموضع الذى نريد ان نرفع الحمل⁴⁾ فى
 وسط هذه الآلة فاذا⁵⁾ احتججا ان نقل حملا الى موضع
 يمكن ان نصير هذه الآلة تحيط بوسطه استعملناها⁶⁾
 * عند ذلك⁷⁾ ٥

10

[هـ] وأما الحيلة التى هى ذات اربع قوائم فانها
 تستعمل فى الاثقال المفرطة فى العظم وهى ان يقام اربعة
 اركان من خشب تكون حلقتها⁷⁾ كحلقة⁸⁾ مربع متوازي
 الاضلاع وليكن فى سعته على المقدار الذى يمكن الحجر
 ان يضطرب فيه ويتعالى بسهولة ثم نشدّ على اطراف هذه¹⁰⁾
 الاركان خشبا نصل بعضها ببعض وليكن ذلك باحكام
 ووثاقة ثم نصير ايضا على هذه⁹⁾ الخشب خشبا آخر نشدّ

1) عليه LK 2) اخذت LCK 3) B om. 4) B فان

الخلفه B 8) خلفها BCL 7) فيه LCK 6) فى B add. 5)

هذا Codd. 9)

den Händen oder durch Zugtiere, und so hebt sich die Last. Damit diese Stützbalken aufrecht bleiben, müssen sie mit Seilen, wie vorher beschrieben, angebunden sein. Dann bringen wir den Stein in die nötige Lage und transportieren den Sockel nach der anderen Seite des Baues, 5 je nachdem es nötig ist.

- 4 Die Maschine mit drei Pfeilern wird in folgender Weise gemacht. Wir machen drei gegeneinander geneigte Pfeiler, deren Spitzen sich in einem Punkte treffen, und befestigen in diesem Punkte, in dem sich 10

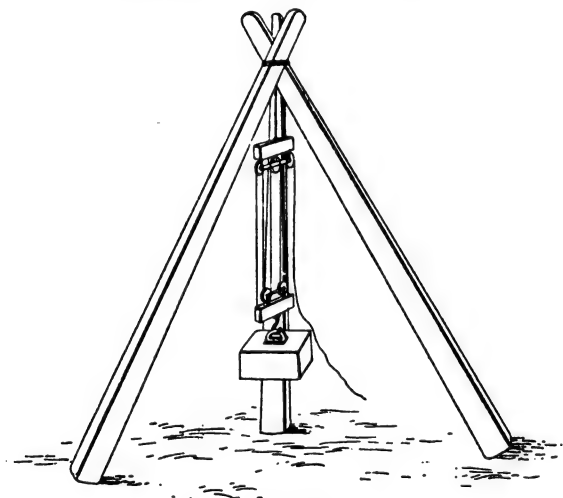


Fig. 49.

die drei Balken treffen, einen Flaschenzug, dessen anderer Teil an der Last befestigt ist. Wenn nun die Seile des Flaschenzuges angezogen werden, so hebt sich die Last. Die Basis dieses Werkzeuges ist fester und sicherer als eine andre, aber sie läßt sich nicht gut an jedem Orte 15 anwenden, sondern nur an Orten, wo wir die Last in der Mitte dieses Werkzeuges heben wollen. Wenn wir also

نريد¹) فاذا فعلنا ذلك رددنا الركن الى موضعه من الجهة
الاخري التي تلى الينا ثم نشده ايضا ونستعمل فيه مثل
العمل الاول ○

[٣] فاما الحيلة التي هي ذات ركنين فانهما تعمل
بهذا العمل نستعمل الآلة التي تسمى اودوس²) ووتركب³
عليها الاركان ولتكن تميل الى الجهة العليا ميلا يسيرا
يكون قدر خمس* من البعد⁴) السفلا نتي ثم نشد الركبين
على هذا الاودوس ليجتمع⁵) طرفيهما⁶) بعضها الى بعد
ونصير في اطراف الاركان عارضة اخرى تشد عليها بكرة⁷)
كثيرة الرفع ولتكن بكر اخر⁸) مشدودة في الحاجر ثم⁹)
نمد ذلك الحبل مثل العمل الاول إما بالايدي وإما¹⁰)
بدواب¹¹) فيرتفع الثقل* ولتعالى هذه¹²) الاركان ينبغي ان
تكون مرتبطة¹³) بالحبال¹⁴) كالربط¹⁵) الذى وصفنا اولاً
ثم نضع الحاجر وننقل ذلك الاودوس الى الجهة الاخرى
من البناء على قدر ما تدعو الحاجة اليه ○

[٤] فاما الحيلة التي هي ذات ثلاثة اركان فانهما

1) Codd. 2) اودس B 3) تريدته والله هو الموفق K
4) Codd. 5) BCL 6) طرفهما BCL 7) ليجمع BCL 8) البعد من
او K 9) LK om. 10) B. om. 11) اخرى K 12) اخر BCL
add. 13) CL 14) مربوطة B 15) ويتعالى وهذه B 16) بدوار K
17) كالرباط LC 18) بالحبل LC 19) مربوطة

darunter an, auf denen wir sie laufen lassen, oder treiben sie mittels Hebels so weit, bis wir sie an die beabsichtigte Stelle bringen. Wenn das geschehen ist, bringen wir den Balken wieder in seine Lage, nach der uns zugelegenen Seite zu, befestigen ihn wieder und verfahren mit ihm, 5 wie das vorige Mal.

- 3 Die Maschine mit zwei Stützen wird auf folgende Weise hergestellt. Man wendet das $\sigma\upsilon\delta\delta\omicron\varsigma$ genannte Werkzeug an und errichtet darauf die Stützen. Diese mögen sich nach oben hin etwas neigen, etwa um ein Fünftel 10 ihres unteren Abstandes. Dann befestigt man die beiden

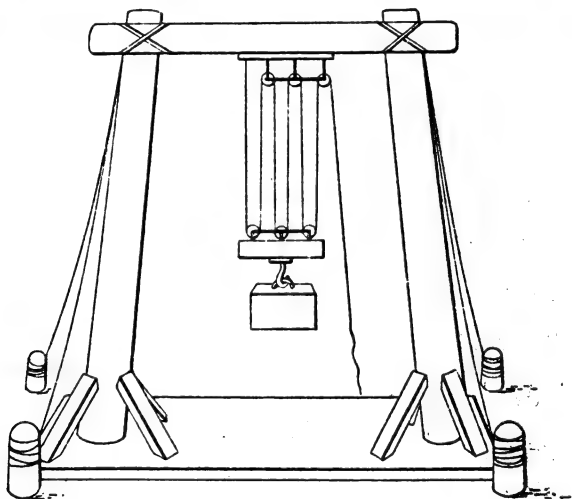


Fig. 48.

Stützen auf dem Sockel, so daß ihre beiden (unteren) Enden mit einander verbunden sind, und bringt an den (oberen) Enden der Stützen einen anderen Querbalken, an dem ein Flaschenzug befestigt ist, an. Ein anderer 15 Flaschenzug befindet sich an dem Stein. Darauf zieht man das Seil an, wie beim vorigen Mal, entweder mit

لم يكن ذلك العود فى نفسه صلبا فينبغى ان ننظر فى قدر الثقل الذى نريد ان نرفعه لان لا تكون قوّة الثقل اعظم من قوّة تلك القائمة * فنقيم تلك القائمة¹⁾ مستوية على خشبة تكون مضطربة فيها ونربط فى اعلى ذلك الركن ثلاثة²⁾ حبال او اربعة ونشدّها الى اركان ثابتة شديدة الثبات فنشدّ الحبال عليها ثم نصير فى طرف هذا الركن بكرا تشدّ اليه³⁾ بحبل ونربط القلوس التى فى البكر بالحمل الذى نريد ان نقلّه ثم نمدّ⁴⁾ القلوس إمّا بالاهدى وإمّا بآلة اخرى فإذا تعالى الحمل * وان احتججت⁵⁾ أن تصير الحاجر على حائط او على أى موضع اردت تحلّ¹⁰⁾ الحبل الذى فى احد الاركان الثابتة التى تمدّ الركن الذى البكرة مشدودة فيه الى ضدّ الجهة التى نريد ان نضع الحاجر فيها فيميل ذلك الركن الى تلك الجهة وتدفع⁶⁾ الحبل الذى فى البكرة * قليلا قليلا الى الموضع الذى نريد ان تجلسه فيه فان لم تكن⁷⁾ تبلغ من ميل الركن¹⁵⁾ الذى البكرة⁸⁾ عليه مشدودة ما يودى الثقل المرفوع الى الموضع الذى نريد صيرنا تحته خشبا مستديرا نمشيه عليه او ندفعه بالمخل حتى نصيره فى الموضع الذى

تمدّ BC 4) اليها LK 3) ثلاث Codd. 2) B om. 1)

8) B om. 7) BCL om. 6) ترفع Codd. 5) واحتججت Codd.

der Stütze Rollen an, die mit Stricken darangebunden werden, und befestigen die Seile der Rollen an der Last, die wir heben wollen. Hierauf ziehen wir die Seile an, entweder mit den Händen, oder mit sonst einem Werkzeug, und die Last hebt sich alsdann. Wenn man nun einen 5

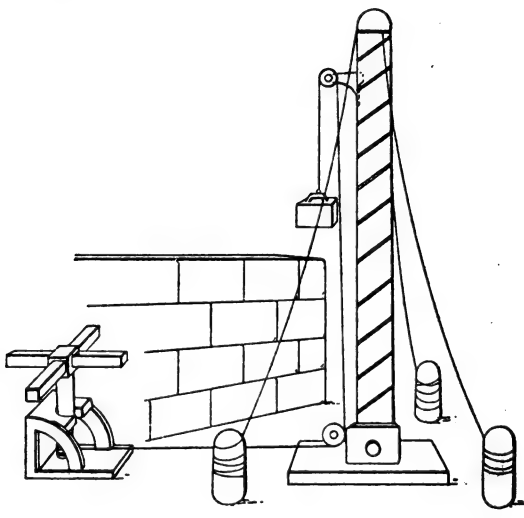


Fig. 47.

Stein auf eine Mauer oder an einen beliebigen Ort bringen will, so löst man das Seil an einem der festen Stützpunkte, welche den Stützbalken, an dem die Rollen befestigt sind, halten, und zwar auf der entgegengesetzten Seite als die, nach welcher man den Stein bringen will, 10 und der Balken neigt sich nach jener Seite; dann läßt man das Seil an der Rolle langsam herab bis zu dem Orte, wo man den Stein einsetzen will. Wenn man aber den Stützbalken, an welchem die Rolle befestigt ist, nicht soviel neigen kann, um die gehobene Last an den be- 15 absichtigten Ort gelangen zu lassen, so bringen wir Walzen

مفروضة فهذه اللجآت تصير عليها الاثقال وتشد في اطرافها
 حبال او شيء آخر ممدود تجر اللجآت به وهذه القلوس
 إما ان تمتد بالايدي وإما باجسام^(١) اخر واذا مدت
 القلوس سارت اللجآت على الارض وقد يصير تحت اللجآت
 خشب مستدير دقيق او الواح لتتحرك اللجآت عليها فان^٥
 كان الحمل صغيرا فانه ينبغي ان نستعمل الخشب
 المستدير وان كان الثقل عظيما فينبغي ان نستعمل الالواح
 لانها لا تتحرك سريعا وذلك ان الخشب المستدير اذا
 تدحرج تحت الحمل يندق تحت الحمل لشدة سرعة
 حركته وقوم لا يستعملون ألواحا ولا خشبا مستديرا ولكنهم^{١٠}
 صيروا في اطراف اللجآت فلكا صلبة تتحرك عليها ☉

[٢] وقد نحتاج في رفع الاشياء الثقيلة الى العلو
 الى حيل ما فمنها ما هو ذو قائمة واحدة ومنها ما هو ذو
 قائمتين ومنها ما هو ذو ثلث ومنها ما هو ذو اربع قوائم
 أما التي هي ذات قائمة واحدة فانها تكون على هذه^{١٥}
 الجهة ناخذ خشبة طويلة لها ارتفاع اعظم من البعد الذي
 نريد ان نرفع الثقل اليه فان كان هذا العود في نفسه
 صلبا ناخذ قلسا فبشدة عليه ونلقه على بعد متساو وليكن
 الخط^(٢) القائم الذي بين كل لفة قدر^(٣) اربعة اشبار فتزداد
 قوة العود ويكون التفاف القلوس عليه كدرج لمن يريد^{٢٠}
 يعمل شيئا ما في اعلى العود وتكثر به سهولة العمل فان

werden entweder mit den Händen gezogen, oder mit sonstigen Werkzeugen. Wenn nun die Seile angezogen werden, so gleiten die Kröten auf der Erde. Unter den Kröten bringt man dünne Hölzer oder auch Platten an, damit sich die Kröten auf denselben bewegen. Wenn die Last leicht ist, 5 muß man runde Hölzer anwenden, wenn sie aber schwer ist, Platten, weil sich dieselben nicht schnell bewegen lassen. Denn wenn die Walzen unter der Last rollen, werden sie unter derselben zerquetscht, wegen der starken Geschwindigkeit ihrer Bewegung. Manche Leute wenden weder Platten 10 noch Walzen an, sondern machen an die Enden der Kröten harte Rollen, auf denen sie sich bewegen.

- 2 Um schwere Gegenstände in die Höhe zu heben, hat man Maschinen nötig; einige von diesen haben eine Stütze, andre zwei, wieder andre drei und manche haben vier 15 Stützen. Diejenige mit einer Stütze hat folgendes Aussehen. Wir nehmen einen langen Balken von größerer Höhe als die Entfernung, zu welcher wir die Last heben wollen. Wenn auch dieser Balken in sich selbst fest ist, so nehmen wir doch ein Seil, binden es daran fest und 20 schlingen es in gleichen Abständen darum; die zwischen den einzelnen Windungen gemessene senkrechte Linie sei vier Handbreiten. So wird die Kraft des Holzes erhöht und die darum befindlichen Seilwindungen sind wie eine Treppe für jemand, der oben an dem Balken etwas zu 25 thun hat, wodurch die Arbeit erleichtert wird.

Wenn aber jener Balken nicht stark genug in sich selbst ist, so müssen wir den Betrag der Last, die wir heben wollen, berücksichtigen, damit nicht die Kraft der Last größer werde, als die Kraft jener Stütze. Wir stellen 30 also die Stütze lotrecht auf ein Holz, in welchem sie sich bewegen kann, und binden oben an diese Stütze drei oder vier Seile, ziehen sie nach soliden, festen Stützpunkten und befestigen sie daran. Dann bringen wir an dem Ende

1) BCL أجسم 2) Codd. الحبل 3) قدره K

المقالة الثالثة من كتاب اهرن

فى رفع الاشياء الثقيلة

[1] اما فى المقالة التى قبل هذه فقد قلنا فى
الخمس قوى وبيّنا العلل التى تحرّك¹ بها الاتّقال العظيمة
بقوة يسيرة واثبتنا فى ذلك فيما نظنّ اكثر ممن كان قبلنا⁵
وبيّنا العلة² لم صار يتبع الآلات العظيمة القوة الابطاء وبيّنا
اشياء آخر يندفع بها المتعلّمون فى المبل³ والكبس فيها
كفاية للمتعلّمين فاما فى هذه المقالة فانا نكتب حيلًا ندفع
بها فى تسهيل ما تقدّم وجوده واستعماله⁴ تعيين ايضا على
حركة الاجسام الثقيلة وايضا نعمل آلات⁵ ندفع بها فى¹⁰
العصر لان هذه ايضا تحتاج الى قوة عظيمة فى استعمالها
اما الاشياء التى تجرّ على الارض فانها تجرّ على اللجّات⁶
واللجّاة هى⁷ جسم ثابت معمول من خشب مربع اطرافه

1) K يحول 2) K add. فى 3) BCL الحبل 4) LK

اللجّيات et لجّابات B 6) الآلات BCL 5) استعماله

7) BCL لجّات K اللجّات et اللجّات L لجّات C

وهى

DIE MECHANIK DES HERON VON ALEXANDRIA.

DRITTES BUCH.

1 In dem vorhergehenden Buche haben wir über die fünf Potenzen gesprochen, und die Ursachen auseinander- 5 gesetzt, nach welchen sich große Lasten mittels kleiner Kräfte bewegen lassen, und haben darüber, nach unserm Dafürhalten, ausführlicher gehandelt als unsere Vorgänger; auch haben wir den Grund dargelegt, weshalb bei Werkzeugen von großer Kraft eine Verzögerung eintritt, und 10 haben andre Dinge klar behandelt, welche den Studierenden, wo es sich um Neigung und Druck handelt, von großem Nutzen sind, Dinge, mit denen sich die Studierenden begnügen können.

In diesem Buche werden wir Maschinen beschreiben, 15 die nützlich sind, um das zu erleichtern, dessen Vorhandensein und Gebrauch bereits gezeigt wurde, und die ebenfalls für die Bewegung schwerer Körper förderlich sind. Außerdem werden wir Werkzeuge konstruieren, durch die wir Nutzen haben beim Pressen, weil auch diese beim Ge- 20 brauche eine große Kraft verlangen.

Lasten, die auf dem Erdboden gezogen werden, werden es auf „Kröten“. Die „Kröte“ ist ein fester Körper, der aus einem viereckigen Holz, dessen Enden abgerundet sind, 25 gefertigt ist. Auf diese Kröten legt man die Lasten und befestigt an ihren Enden Seile oder sonst etwas zum Ziehen Dienendes, womit man die Kröten fortbewegt. Diese Seile

من علامتى هـ ونصل زح ونقسمه على علامة طَ قسمة
 يكون جميع ابَ عند جميع ده مثل حَ طَ عند طَ ز
 فتكون علامة طَ مركز الثقل المجتمع من علامات ابَ ده
 ولنصل علامتى جَ طَ بخط جَ طَ ونقسمه على علامة لَ قسمة
 يكون خط جَ لَ عند لَ طَ كتقل ابَ ده عند ثقل جَ فاذا
 علامة لَ مركز الثقل المؤلف من الجميع ①

تمت المقالة الثانية من كتاب ايرن

فى رفع الاشياء الثقيلة ②

ist der Punkt η der Punkt für das Gesamtgewicht der beiden Punkte ε, δ . Ziehen wir nun $\xi\eta$ und teilen es im Punkte ϑ so, daß sich $(\alpha + \beta)$ zu $(\delta + \varepsilon)$ verhält, wie $\eta\vartheta$ zu $\vartheta\xi$, so ist der Punkt ϑ der Punkt für das Gesamtgewicht von $\alpha\beta\delta\varepsilon$. Verbinden wir noch die beiden 5 Punkte γ, ϑ durch die Linie $\gamma\vartheta$ und teilen sie im Punkte κ so, daß sich $\gamma\kappa$ zu $\kappa\vartheta$ verhält, wie das Gesamtgewicht von $\alpha\beta\delta\varepsilon$ zum Gewichte von γ , so ist der Punkt κ der Punkt für das aus allen zusammengesetzte Gewicht.

Ende des zweiten Buches des Heron über das Heben. 10
schwerer Gegenstände.

د ملفوظ فاذا¹⁾ الثقلان اللذان عند بـج ملفوظان
ولكن الثقل الذى عند آ ملفوظ فاذا الانتقال التى على
القوائم ملفوظة ⑤

[٤٠] نريد ان نستخرج اذا كان مثلث ابـج وكانت
اقبال ما معلومة معلقة²⁾ على علامات ابـج علامة فى داخل
المثلث اذا علق بها المثلث يعتدل نقسم خطـ ابـ على
علامة دـ قسمة يكون خطـ بـد عند دـ كالثقل الذى
عند آ الى الثقل الذى عند بـ فيكون مركز الثقل المجتمع
من الثقليين على علامة دـ فلنصل علامتى دـج بخطـ دـج
ونقسمه على علامة هـ قسمة يكون خطـ جـه عند هـ مثل 10
ثقل دـ عند ثقل جـ فتكون علامة هـ مركز الثقل المجتمع
من الجميع فاذا هي علامة العلاقة ⑥

[٤١] نريد ان نبين ذلك فى شكل كثير الاضلاع
فليكن شكل ابـجـده كثير الاضلاع ولنعلق على علامات
ابـجـده اقبالا معلومة ونقسم خطـ ابـ على علامة زـ قسمة 15
يكون خطـ بـز عند زـ مثل ثقل آ عند ثقل بـ فتكون
علامة زـ مركز الثقليين اللذين عند ابـ ولنقسم ايضا خطـ
ده على علامة حـ قسمة يكون خطـ دـح عند حـه مثل
ثقل هـ عند ثقل دـ فتكون علامة حـ مركز الثقل المجتمع

1) Codd. فان 2) LC om.

des Dreiecks einen solchen Punkt finden, daßs das Dreieck, wenn es in demselben aufgehängt wird, sich im Gleichgewicht befindet. Wir teilen die Linie $\alpha\beta$ im Punkte δ so, daßs sich $\beta\delta$ zu $\alpha\delta$ verhält, wie das Gewicht bei α zum Gewicht bei β . Dann ist der Punkt für das Gesamtgewicht der beiden Lasten im Punkte δ . Verbinden wir nun die beiden Punkte δ und γ durch die Linie $\delta\gamma$ und teilen sie im Punkte ϵ so, daßs sich $\gamma\epsilon$ zu $\epsilon\delta$ verhält, wie das Gewicht von δ zum Gewichte von γ , so ist der Punkt ϵ der Punkt für das Gesamtgewicht aller und daher der Aufhängepunkt.

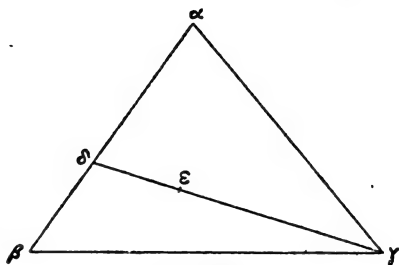


Fig. 45.

41 Wir wollen dasselbe für ein Vieleck zeigen. Sei die Figur $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon$ ein Vieleck. Hängen wir an den Punkten $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon$ bekannte Gewichte auf und teilen die Linie $\alpha\beta$ im Punkte ζ so, daßs sich die Linie $\beta\zeta$ zu $\zeta\alpha$ verhält, wie das Gewicht α zum Gewichte β , so ist der Punkt ζ der

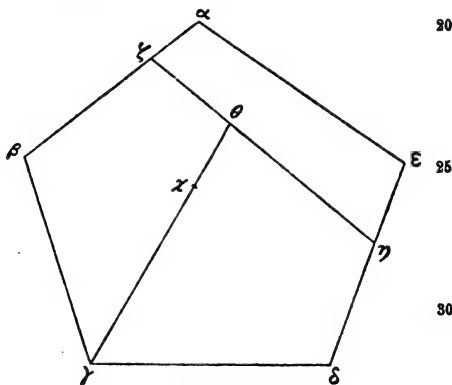


Fig. 46.

Schwerpunkt für die beiden Gewichte bei α und β . Teilen wir auch die Linie $\delta\epsilon$ im Punkte η so, daßs sich die Strecke $\delta\eta$ zu $\eta\epsilon$ verhält, wie die Last ϵ zur Last δ , so

ولكننا إن توهمنا خطَّ آد معتدل الميل عند تعلقه على علامة هـ يكون الثقل الذى عند د ضعف الثقل الذى عند آ لأن خطَّ آه ضعف خطَّ هـ فان توهمنا الثقل الذى عند د منقسما على علامتى بـ جـ وكان خطَّ بـ جـ معتدلا يكون عند كـ واحدة من علامتى بـ جـ نصف هـ الثقل الذى عند د لأن خطى بـ دـ جـ متساويان وقد كان الثقل الذى عند دـ * ضعف الثقل الذى عند آ¹⁾ فإذا الاتقال التى عند علامات ابـ جـ متساوية فإذا القوائم تحمل اثقالا متساوية ٥

[٣٩] وايضا فليكن مثلث ابـ جـ متساوى الثقل والتخن¹⁰ على قوائم متساوية الوضع وليكن على علامة هـ²⁾ ثقل ما موضوعا او معلقا ولتكن علامة هـ³⁾ واقعة حيثما وقعت فزهد ان نستخرج كم تحتل كل واحدة من القوائم من ثقل هـ فلدصل هـ آ ونخرجه الى د ونقسم الثقل الذى عند هـ بقسمين يكون اذا قوم المثلث على خطَّ آد يعتدل¹⁵ فيكون الثقل الذى عند دـ * عند الثقل الذى عند آ مثل خطَّ آه عند خطَّ هـ د ونقسم الثقل الذى عند دـ³⁾ قسمة يكون اذا علق بـ جـ يعتدل فيكون ثقل جـ عند ثقل بـ مثل خطَّ بـ د عند خطَّ دـ جـ والثقل الذى عند

1) LC om. K add. نصف الثقل الذى عند د 2) BCL om. 3) B om.

denken, wenn sie im Punkte ϵ aufgehängt ist, so ist die Last bei δ das Doppelte derjenigen bei α , weil die Linie $\alpha\epsilon$ das Doppelte der Linie $\delta\epsilon$ ist. Und

wenn wir uns das Gewicht bei δ auf die beiden Punkte β, γ verteilt denken, und die Linie $\beta\gamma$ im Gleichgewicht ist, so ruht in jedem der beiden Punkte β, γ die Hälfte des Gewichtes, das bei δ

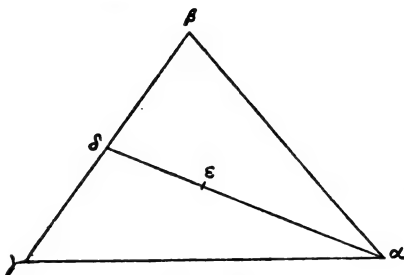


Fig. 44.

ist, weil die beiden Linien $\beta\delta$ und $\delta\gamma$ einander gleich sind. Das Gewicht bei δ war aber das Doppelte des Gewichtes bei α ; folglich sind die Lasten bei den Punkten α, β, γ einander gleich, und daher tragen die Stützen gleiche Gewichte.

- 39 Sei weiter das Dreieck $\alpha\beta\gamma$ gleichmäÙig schwer und dick, auf Stützen von gleicher Lage, und sei im Punkte ϵ irgend ein Gewicht aufgelegt oder aufgehängt, und zwar möge der Punkt ϵ eine ganz beliebige Lage haben, so wollen wir finden, wieviel von dem Gewichte ϵ eine jede der Stützen trägt. Ziehen wir $\alpha\epsilon$ und verlängern es nach δ , teilen das Gewicht in ϵ so, daß, wenn das Dreieck auf der Linie $\alpha\beta$ im Gleichgewicht liegt, sich die Last bei δ zur Last bei α verhält, wie die Linie $\alpha\epsilon$ zur Linie $\epsilon\delta$. Teilen wir ferner das Gewicht bei δ so, daß $\beta\gamma$, wenn es aufgehängt wird, sich in Gleichgewichtslage befindet, so verhält sich das Gewicht von γ zum Gewichte von β wie die Linie $\beta\delta$ zur Linie $\gamma\delta$. Das Gewicht bei δ ist bestimmt; folglich sind die beiden Gewichte γ, β bestimmt. Das Gewicht bei α ist aber gleichfalls bestimmt; folglich sind die Gewichte, die auf den Stützen ruhen, bestimmt.
- 40 Wenn ein Dreieck $\alpha\beta\gamma$ gegeben ist und an den Punkten α, β, γ bekannte Gewichte hängen, so wollen wir im Innern

خطّ زح على علامة ط فصلا يكون * طح عند زط¹ كتقل
 ز الذى هو ثقل مثلث ابد عند ثقل ح الذى هو ثقل
 مثلث بدج تكون علامة ط التى² يتعادل عليها الثقلان
 مركز ذلك المربع³ ٥

[٣٧] نريد ان نبين ذلك فى مخمس⁴ ابحده⁵
 فلنصل بـ ونخرج مركز ثقل مثلث ابة وليقع على علامة ز
 وليكن مركز ثقل مربع بـجده على علامة ح ولنصل علامتى
 زح ونقسم خطّ زح بقسمين يكون قسم ح ط عند طز
 كتقل مثلث ابة عند ثقل مربع بـجده فتكون علامة ط
 مركز ثقل شكل ابحده وكذلك ينبغي ان نتوهم فى كل¹⁰
 شكل كثير الاضلاع ٥

[٣٨] نريد ان نبين اذا كان مثلث ابح متساوى⁵
 الثخن والثقل وكانت قوائم تحت علامات ابح متساوية
 الوضع كيف نستخرج كمية الثقل الذى تحتل كل واحدة
 منها من مثلث ابح فنصل⁶ خطّ بـج بنصفين * على¹⁵
 علامة د⁷ ونصل علامتى اد ونقسم خطّ اد بقسمين على
 علامة هـ قسمة يكون قسم اه ضعف هـ فتكون علامة هـ
 مركز جميع ثقل المثلث فينبغى ان نقسمه على القوائم

1) Codd. زط عند طح 2) Codd. الذى 3) KL

4) B add. مخمس 5) L add. فى 6) LK

7) B om. 8) LK

ganze Gewicht des Dreiecks $\alpha\beta\delta$ im Punkte ζ und ebenso das Gewicht des Dreiecks $\beta\gamma\delta$ im Punkte η denken. So ist also die Linie $\zeta\eta$ eine Wage, an deren Enden sich diese beiden Gröſsen befinden. Wenn wir nun die Linie $\zeta\eta$ im Punkte θ so teilen, daſs sich $\theta\eta$ zu $\zeta\theta$ verhält, wie die Last ζ , d. i. das Gewicht des Dreiecks $\alpha\beta\delta$, zur Last η , d. i. dem Gewichte des Dreiecks $\beta\delta\gamma$, so ist der Punkt θ , in welchem sich die beiden Lasten das Gleichgewicht halten, der Schwerpunkt dieses Vierecks.

37 Wir wollen dasselbe für das Fünfeck $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon$ beweisen. 10

Ziehen wir $\beta\epsilon$ und bestimmen den Schwerpunkt des Dreiecks $\alpha\beta\epsilon$; er falle in den Punkt ζ ; der Schwerpunkt des Vierecks $\beta\gamma\delta\epsilon$ sei im Punkte η . Verbinden wir die beiden Punkte ζ und η , und teilen die Linie $\zeta\eta$ so in zwei Teile, daſs sich $\eta\theta$ zu $\theta\zeta$ verhält wie das Gewicht des Dreiecks $\alpha\beta\epsilon$ zum Gewicht des Vierecks $\beta\gamma\delta\epsilon$, so ist der Punkt θ der Schwerpunkt der Figur $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon$. Auf dieselbe Weise müssen wir es uns bei allen Vielecken vorstellen.

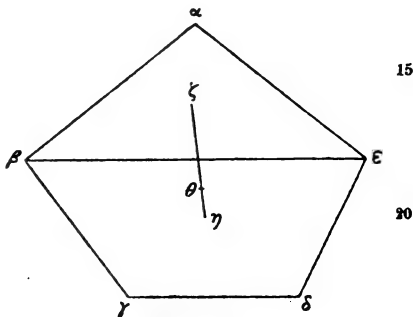


Fig. 43.

38 Wenn $\alpha\beta\gamma$ ein gleichmäßig dickes und schweres Dreieck ist, und sich unter den Punkten $\alpha\beta\gamma$ Stützen in gleicher Lage befinden, so wollen wir zeigen, wie man den Betrag des Gewichtes findet, den jede derselben von dem Dreieck $\alpha\beta\gamma$ trägt. Halbieren wir $\beta\gamma$ im Punkte δ und verbinden wir die beiden Punkte α und δ , teilen die Linie $\alpha\delta$ im Punkte ϵ so, daſs der Teil $\alpha\epsilon$ das Doppelte von $\epsilon\delta$ ist, so ist der Punkt ϵ der Punkt des ganzen Gewichtes des Dreiecks. Nun müssen wir es auf die Stützen verteilen. Wenn wir uns aber die Linie $\alpha\delta$ in Gleichgewichtslage

فان علامة تقاطعهما المشتركة لهما¹⁾ هي مركز ذلك الثقل وهي علامة ز وقد ينبغي ان نتوهم علامة ز في وسط ثخن مثلث اَب ج فيظهر لنا انا اذا وصلنا علامتي اَد وقسمنا خط اَد على علامة ز بقسمين يكون احدهما الذي هو اَر ضعف زَد فان علامة ز تكون مركز الثقل لانا ان وصلنا علامتي دَ هَ يكون خط اَب موازيا لخط دَ هَ لان خطي اَ ج بَ ج قد قسما على علامتي دَ هَ فاذا خط اَ ج عند جَ هَ مثل اَب عند هَ دَ وخط اَ ج ضعف خط جَ هَ فاذا خط اَب ضعف هَ دَ وخط اَب عند هَ دَ كخط اَر عند دَ ز فاذا خط اَر ضعف ز د من اجل ان شكلي اَب ز و دَ زَ متساوي²⁾ ¹⁰ الزوايا ٥

[٣٩] فريد ان نستخرج ذلك ايضا في المربع فليكن المربع المعلوم مربع اَب ج د ولنصل ب د ونفصله بنصفين³⁾ على علامة هَ ولنصل خطي⁴⁾ اَ هَ جَ ونقسمهما على علامتي ز ح قسمة يكون اَر ضعف زَ هَ و ج ح ضعف جَ هَ فيكون مركز¹⁵ مثلث⁵⁾ اَب د على علامة ز ومركز مثلث ب د ج على علامة ح فليس نجد اختلافا في توهمنا ان ثقل مثلث اَب د كله عند علامة ز وايضا ثقل مثلث ب ج د عند علامة ح فقد صار خط ز ح ميزانا في طرفيه هذان العظامان فان فصلنا

1) LK انما 2) Codd. متساوية 3) K بقسمين 4) Codd. ثقل 5) KL علامتي

keiner Seite. Da nun das Dreieck, auf jede von den beiden Linien $\alpha\delta$ und $\beta\epsilon$ gelegt, sich in seinen Teilen im Gleichgewicht befindet, und sich nach keiner Seite neigt, so ist der gemeinsame Schnittpunkt der Mittelpunkt dieses Gewichtes, nämlich der Punkt ζ . Den Punkt ζ 5 müssen wir uns aber in der Mitte der Dicke des Dreiecks $\alpha\beta\gamma$ denken. Nun ergibt sich uns, wenn wir die beiden Punkte α, δ verbinden, und die Linie $\alpha\delta$ im Punkte ζ so in zwei Teile teilen, daß der eine, nämlich $\alpha\zeta$, das Doppelte von $\delta\zeta$ ist, daß der Punkt ζ der Schwerpunkt 10 ist; denn wenn wir die beiden Punkte δ, ϵ verbinden, so ist die Linie $\alpha\beta$ der Linie $\delta\epsilon$ parallel, da die beiden Linien $\alpha\gamma$ und $\beta\gamma$ in den Punkten δ und ϵ halbiert wurden. Dann verhält sich $\alpha\gamma$ zu $\gamma\epsilon$ wie $\alpha\beta$ zu $\epsilon\delta$; $\alpha\gamma$ ist aber das Doppelte von $\gamma\epsilon$; folglich ist $\alpha\beta$ das Doppelte von 15 $\epsilon\delta$. Ferner verhält sich $\alpha\beta$ zu $\epsilon\delta$ wie $\alpha\zeta$ zu $\delta\zeta$, folglich ist $\alpha\zeta$ das Doppelte von $\zeta\delta$; weil die beiden Figuren $\alpha\beta\zeta$ und $\delta\zeta\epsilon$ in ihren Winkeln einander gleich sind.

36 Wir wollen dasselbe für das Viereck finden. Es sei also das gegebene

Viereck $\alpha\beta\gamma\delta$. Ziehen wir $\beta\delta$ und halbieren es im Punkte ϵ , verbinden je die beiden Punkte α, ϵ und ϵ, γ und teilen die Verbindungslinien in den Punkten ζ, η , sodafs $\alpha\zeta$ das Doppelte von $\zeta\epsilon$, und $\gamma\eta$ das Doppelte

von $\eta\epsilon$ ist, so liegt der Schwerpunkt des Dreiecks $\alpha\beta\delta$ 35 in ζ , und der Schwerpunkt des Dreiecks $\beta\delta\gamma$ im Punkte η , und wir finden keinen Unterschied, wenn wir uns das

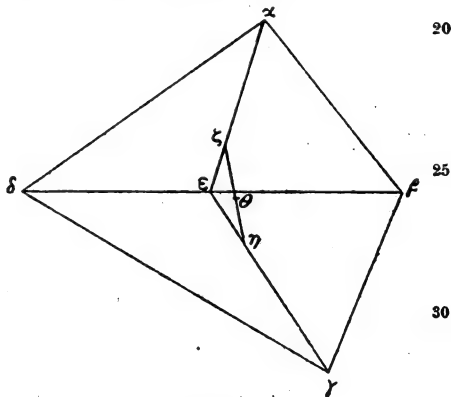


Fig. 42.

ير لماذا صارت الرطوبات وهى فى طبائعها ثقيلة
تتحرك سريعا بسهولة فانا قد نرى الرجل الواحد يحرك
الف قسط من ماء فى مرة واحدة لأن الماء متصل
واجزأه سريعة التفرك فانه ليس كمثل الحخرة والخشب
مكتنرا تصعب تجزئته لكنه سهل التفريق ولذلك صار ليس
له ثبات فى نفسه بل هو سيال الى اسفل فيعرض من ذلك
انا نحرك منه الجزء اليسير فتبيل* سائر اجزائه¹⁾ الى
ذلك الموضع الذى انتقل منه جزؤه اليسير ٥

[٣٥] وقد يجب ان نبين ايضا اشياء نحتاج اليها
فى الجذب والكبس ليست كالتي²⁾ ذكرنا فى المقالة التى
قبل هذه ولكن اشياء آخر اشد احكاما من تلك قد
اوضحها ارشميدس وغيره وأول ذلك نخبركيف نستخرج
مركز ثقل مثلث متساوى التخن والثقل فليكن المثلث
المعلوم مثلث ا ب ج ونقسم خط ب ج بنصفين على علامة د
ولصل علامتى ا د فان اقمنا المثلث على خط ا د لم يميل
الى جهة من الجهات لان مثلثى ا ب د ا د ج متساويان
وايضا إن³⁾ قسمنا خط ا ج على علامة ه ووصلنا علامتى
ب ه فان اقمنا المثلث ايضا على خط ب ه لم يميل الى جهة
من الجهات فاذ كان المثلث اذا اقيم على كل واحد من
خطى ا د ب ه يعتدل اجزأه ولا يميل الى جهة من الجهات

1) B om. 2) BCL ليس كالذى 3) BCL om.

r. Warum bewegen sich Flüssigkeiten, die doch ihrer Natur nach schwer sind, mit Leichtigkeit schnell? Wir sehen nämlich, daß ein einzelner Mann tausend Kist Wasser auf einmal bewegt.

Weil das Wasser ein zusammenhängender Gegenstand 5 ist, dessen Teile sich aber schnell trennen lassen. Deshalb hat es auch keine Festigkeit in sich selbst, sondern es fließt nach unten. -Daher kommt es, daß wir nur einen kleinen Teil desselben bewegen, und die übrigen Teile sich nach dem Orte neigen, nach welchem der geringe 10 Teil desselben gebracht wurde.

35 Nun haben wir noch einige Dinge auseinanderzusetzen, deren wir bei Zug und Druck bedürfen, aber nicht von der Art der im vorigen Buche erwähnten, sondern von größserer Wichtigkeit als jene, Dinge, die schon Archimedes 15 und Andre erläutert haben.

Zuerst nun wollen wir zeigen, wie man den Schwerpunkt eines gleichmäfsig dicken und schweren Dreiecks findet. Sei das bekannte Dreieck das Dreieck $\alpha\beta\gamma$, und

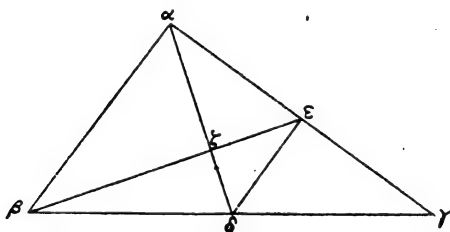


Fig. 41.

teilen wir die Linie $\beta\gamma$ im Punkte δ in zwei Hälften 20 und verbinden die beiden Punkte α, δ . Wenn wir nun das Dreieck auf die Linie $\alpha\delta$ legen, so neigt es sich nach keiner Seite, weil die beiden Dreiecke $\alpha\beta\delta$ und $\alpha\delta\gamma$ gleich sind. Wenn wir ferner die Linie $\alpha\gamma$ im Punkte ϵ teilen, und die beiden Punkte β, ϵ verbinden, dann das 25 Dreieck auf die Linie $\beta\epsilon$ legen, so neigt es sich nach

فيكون الثقل يرتفع من علامة د أكثر من ارتفاعه من علامة هـ^٥ والثقل الذى يرتفع الى مكان أكثر ارتفاعا يتعب القوة أكثر من الذى يرتفع الى مكان أقل ارتفاعا لأن الذى يرتفع الى مكان كثير الارتفاع يحتاج الى زمان أطول ٥

يد لما صارت الاشياء التى تسير فى الماء اذا كانت على حائط واحد تكثر سرعة حركتها لأن الذى يكون منها على الماء يكون يسيرا جدا فيكون الذى يدعمه الماء أيضا يسيرا والذى * يناله من الريح يقوى على ذلك الماء الذى^١ يصاده عند حركته ٥

يه لماذا صار السكان وهو صغير جدا يرد سفنا عظاما^{١٥} لأنه اذا كان انسان يعدو^٢ فاجتذبه احد الى أى جهة كانت فإنه يميل الى تلك الجهة سريعا والسكان يدعمه الماء فيقوى على السفينة ٥

يو لماذا صارت الاسهم تتغرس فى الدروع والجواشن ولا تتغرس فى الشراعات المشورة لان الحمية اذا صارت^{١٥} الى الشىء الذى يحجبها ولا يمانعها لم يفعل فعلا شديدا لأن سرعة الحركة وعظم القوة تتفرق عند ملاقات الشىء المجيب غير المانع^٣ فاما الشىء الصلب اذا لاقى الصلب مثله فضربه لم يحبه الشىء الصلب وقاومه فلم يتفرق من قوته شىء فنكون ضربته عليه جدا ولهذه العلة صار الذين^{٢٠} يلقون انفسهم من بعد طويل فى^٤ الماء لا ينالهم ضرر ٥

vom Punkte δ aus, so gelangt sie nach η , so daß die Last vom Punkte δ aus höher gehoben wird als vom Punkte ε aus. Die Last aber, die nach einem höher gelegenen Punkte gehoben wird, strengt die Kraft mehr an, als die nach einem tiefer gelegenen Punkte gehobene, weil die zum hochgelegenen Punkt gehobene längere Zeit beansprucht.

o. Warum haben Gegenstände, die im Wasser treiben, eine grössere Geschwindigkeit, wenn sie nur auf einer Seite liegen?

Weil der Teil über Wasser sehr leicht ist, so daß das ihn stützende Wasser auch nur wenig ist und der Wind, der ihn trifft, über das Wasser, das ihm bei seiner Bewegung Widerstand leistet, die Übermacht hat.

p. Warum lenkt das Steuerruder, trotzdem es sehr klein ist, große Schiffe ab? 15

Weil ein Mann, der läuft und den jemand nach irgend einer Seite zieht, sich schnell nach jener Seite wendet. Das Steuerruder aber stützt sich auf das Wasser, so daß es die Übermacht über das Schiff hat.

q. Warum dringen Pfeile in Panzer und Harnische ein, aber nicht in ausgebreitete Leinwand? 20

Weil die Waffe, wenn sie einen Gegenstand trifft, der ihr nachgiebt und ihr keinen Widerstand entgegensetzt, keine große Wirkung ausübt, da die Schnelligkeit und die Größe der Kraft sich bei dem Auftreffen auf den nachgiebigen und nicht widerstandsfähigen Gegenstand zerteilen. Wenn aber etwas Hartes auf etwas gleich Hartes trifft und ihm einen Schlag versetzt, so giebt der harte Gegenstand nicht nach und leistet Widerstand, so daß von der Kraft nichts zersplittert, sondern der Anprall darauf ein starker ist. Aus demselben Grunde trifft auch diejenigen, die sich aus großer Entfernung ins Wasser stürzen, kein Schade. 25

1) B om.

2) BCL هدوء

3) Codd. الغير مانع

4) LK الى

معلقة عليه صعب ذلك وكان غير ممكن بنة فاذا تباعدت
 اليد عن الركن الثابت حركت الثقل لكن بصعوبة وذلك
 للقرب من بطلان الحركة بنة وكلما تباعد المحرك من¹
 الركن الثابت كانت الحركة عليه اسهل مثال ذلك ان
 نفرض الركن الثابت الذى الثقل معلق عليه على علامة آ⁵
 وليكن الحبل خطَّ ابَ ولدخرج خطَّ اجَ قائما على خطَّ
 ابَ ولدعلم على خطَّ ابَ علامتين كيف ما وقعنا وهما علامتا
 دَ ولدجذب الحبل من علامة دَ فنكسره حتى يكون
 كهيئة ازحَ فيكون الثقل عند حَ فاقول إنَّ حَ اكثر ارتفاعا
 من بَ برهان ذلك أننا فخرج خطَّ حزَ الى جَ ومن اجل¹⁰
 أنَّ ازحَ اعظم من جزحَ فإنَّ² علامة حَ اعلى من علامة بَ
 وايضا فليكن الحبل الممتد من علامة هَ له وضع قائم على
 جحَ فيكون الثقل فى موضع واحد اعنى يكون مثل ابَ
 ولكن من اجل ان اهَ اعظم من ازَ يكون هَ اكثر انحطاطا
 من زَ كعلامة طَ ونصل اطَ فيكون اطَ قد كسر كسرة اطح¹⁵
 فاقول إنَّ الثقل المعلق هو اكثر انحطاطا من حَ بيان
 ذلك من اجل ان ازَ زطَ اعظم من اطَ وخطَّ حطَ مشترك
 فإنَّ ازَ زحَ* اعنى ابَ³ اعظم من اطَ طحَ فليكن جميع
 اطَ طكَ مساويا لخطَّ ابَ فيكون الثقل عند كَ وكَ اكثر
 انحطاطا من حَ فيكون اذا جذبنا الثقل من عند علامة²⁰
 هَ⁴ عند كَ وانما جذبناه من علامة دَ يكون عند حَ

von der festen Stütze entfernt, so bewegt sich das Gewicht, aber mit Schwierigkeit, nämlich weil sie noch zu nahe dem Punkte ist, wo die Bewegung ganz aufhört. Je weiter sich aber der Bewegende von der festen Stütze entfernt, desto leichter fällt ihm das Bewegen. Denken wir uns z. B. die feste Stütze, an welcher die Last hängt, bei dem Punkte α , und sei das Seil die Linie $\alpha\beta$. Ziehen wir nun die Linie $\alpha\gamma$ senkrecht zu $\alpha\beta$ und nehmen auf der Linie $\alpha\beta$ zwei beliebig fallende Punkte, δ und ε , an und ziehen das Seil im Punkte δ , so brechen wir es, bis es die Gestalt von $\alpha\zeta\eta$ annimmt. Dann ist die Last bei η . Nun behaupte ich, daß η höher liegt als β . Beweis. Verlängern wir die Linie $\eta\zeta$ nach γ , so ist, da $\alpha\zeta\eta$ größer ist als $\gamma\zeta\eta$, der Punkt η höher als der Punkt β .

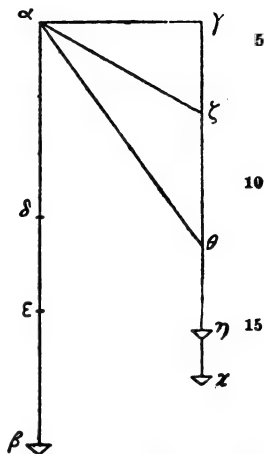


Fig. 40.

20

Habe ferner das im Punkt ε anzuziehende Seil wieder eine zu $\alpha\gamma$ senkrechte Lage, so daß sich die Last wieder an derselben Stelle befindet, nämlich wie $\alpha\beta$. Weil nun $\alpha\varepsilon$ größer als $\alpha\zeta$ ist, so wird ε tiefer zu liegen kommen als ζ , etwa bei θ . Ziehen wir nun $\alpha\theta$, so wird $\alpha\beta$ nach $\alpha\theta\eta$ gebrochen. Ich behaupte nun, daß das aufgehängte Gewicht tiefer kommt als η . Beweis. Weil $\alpha\zeta$ plus $\zeta\theta$ größer ist als $\alpha\theta$, so ist, wenn $\eta\theta$ beiderseits addiert wird, $\alpha\zeta$ plus $\zeta\eta$ d. i. $\alpha\beta$ größer als $(\alpha\theta + \theta\eta)$. Sei nun $(\alpha\theta + \theta\xi)$ gleich $\alpha\beta$, so kommt die Last nach ξ und ξ liegt tiefer als η . Wenn wir also die Last vom Punkte ε aus ziehen, so kommt sie nach ξ ; ziehen wir sie aber

1) KL om. 2) L بان BC فلاں 3) B om. 4) Codd. add.

يكون

متشابهها¹⁾ متساويا²⁾ من الجهات كلها فيكون لذلك متحركا على مركز ومركوه علاقته فاما اذا جذبنا الميزان الى احدى الجهتين فانما نرفع ثقلا ما لان ميل الكفة الى اسفل يقل الاخرى فتكون حركة* غير طبيعية اعنى حركة ثقل الى ما يلي العلو فاما الحركة الطبيعية³⁾ فانها سهلة وهي⁵ جذب⁴⁾ الثقل الى اسفل فلذلك صار جذب الاتقال الى اسفل اسهل من شيلها الى فوق ⊙

يا لماذا صارت حركة الاتقال المتعلقة سهلة لان جميع قوة الاتقال⁵⁾ قد قويت عليها القوة التى هى متعلقة بها فلائه لم يبق لها كثير قوة صار دفعها سهلا وكذلك ايضا¹⁰ يعرض فى الميزان اذا كان متعلقا وجذبناه تحرك اسهل ⊙
 وب لماذا صارت إلحاجارة المتقدرة العظم التى على شط البحر تكون اكثر ذلك مستديرة لانها تكون أولا ذات زوايا حادة فبحركة البحر يضرب بعضها بعضا فتكسر زواياها لضعفها ⊙

15

يج لماذا صارت الاتقال المتعلقة التى نريد ان نحركها كلما بعدت اليد عنها حتى تصير الى الركن الثابت الذى هى معلقة عليه او قربت منه صعبت حركتها لاننا ان التمسنا ان نحركها من الموضع الثابت الذى⁶⁾ هى

تجذب BC 4) B om. 3) متساوى LK 2) متساويا L 1)
 5) Codd. الثقل 6) التى KL

k. Warum lassen sich Wagen, mögen sie belastet sein oder nicht, schneller bewegen, wenn man sie (horizontal) dreht, als sie sich nach einer Seite bewegen, nach der man sie neigt?

Weil, wenn man sie dreht, ihr Gewicht nach allen 5 Richtungen hin ähnlich und gleichmäfsig gelegen bleibt, so dafs es sich deshalb um einen Mittelpunkt, nämlich seinen Aufhängepunkt dreht. Wenn wir aber die Wage nach einer von beiden Seiten ziehen, so heben wir eine Last, weil das Senken der einen Wagschale die andre in 10 die Höhe treibt, so dafs ihre Bewegung nicht natürlich ist, ich meine die Bewegung einer Last nach oben; denn die natürliche Bewegung ist leicht, nämlich die Anziehung eines Gewichtes nach unten. Deshalb ist es leichter Gewichte nach unten zu ziehen als nach oben zu heben. 15

l. Warum ist es leicht, aufgehängte Gewichte zu bewegen?

Weil die ganze Kraft der Gewichte von der Kraft, durch die sie aufgehängt wurden, überwogen wird. Weil ihnen also keine grofse Kraft geblieben ist, ist es leicht 20 sie zu stoßen. Dasselbe zeigt sich auch bei der Wage; wenn sie aufgehängt ist und wir ziehen sie an, so bewegt sie sich sehr leicht.

m. Warum sind die Steine von beträchtlicher Gröfse, die sich an dem Ufer des Meeres finden, meistens rund? 25

Weil sie zuerst scharfkantig waren, durch die Bewegung des Meeres aber einer den andern anstößt, so dafs sich die Kanten wegen ihrer Schwäche aneinander brechen.

n. Warum ist es desto schwerer, aufgehängte Lasten, 30 die man bewegen will, zu bewegen, je weiter man die Hand von ihnen entfernt, bis sie zu der festen Stütze gelangt, an welcher sie aufgehängt sind, oder derselben nahe kommt?

Weil, wenn wir sie an dem festen Ort, an dem sie 35 aufgehängt sind, bewegen wollen, dies uns sehr schwer fällt, und ganz unmöglich ist. Wenn sich aber die Hand

الذى يجتذب الخشبة القصيرة فينال الخشبة الطويلة
بذاتها من طولها مثل الذى ينال القصيرة اذا شد في
طرفها شىء ثقيل ⑤

ط لماذا صار قلع الاضراس يستعمل بالكلبتين دون
اليد لانه لا يمكن ان تضبط الضرس باليد كلها لكن باجزء ٥
منها وكما انه قد يصعب علينا ان نشيل ثقلا ما باصبعين
فقط اكثر من صعوبته باليد كلها كذلك ايضا يصعب علينا
ضبط الضرس^(١) وكبسه باصبعين اكثر منه باليد كلها لان
في جميع المعيين^(٢) القوة واحدة وقسمة الكلبتين على
مسمارها هي^(٣) ايضا تصير اليد تقوى على الضرس لانها^(٤) 10
*مخل تكون^(٥) اليد منه على الجزء الاعظم وبعد الكلبتين
هو يعين على حركة الضرس وذلك ان اصل الضرس هو
الشىء الذى يتحرك عليه المخل فلان بعد الكلبتين يكون
اكثر من اصل الضرس الذى يتحرك عليه شىء كبير تقوى
اليد^(٦) على القوة التى في اصل الضرس لانه لا يكون فصل 15
بين حركة ثقل وبين حركة قوة تعادل ذلك الثقل فان
رددنا^(٧) اليد اذا كانت ممدودة^(٨) يكون صعب ليس
لثقل اليد لكن لقوة^(٩) ارتباط العصب بعضها^(١٠) ببعض ⑥
ى لماذا صارب الموازين اذا دورت تدويرا كانت
منقلة او خفيفة تتحركت اسرع من حركتها الى احدى 20
الجهات التى تميلها لانه اذا دورت كلها^(١١) كان ثقلها

festen Teil desselben, auf welchem es sich erhebt. Daher tritt hierbei dieselbe Erscheinung ein wie bei kurzem Holz, wenn an dessen Enden etwas hängt, das es niederdrückt. Der Zuwachs an Länge des Holzes entspricht also dem Gewichte, welches das kürzere Holz herabzieht. 5 Deshalb begegnet dem langen Holze durch sich selbst wegen seiner Länge dasselbe, wie dem kurzen Holz, wenn an seinem Ende etwas Schweres angebunden wird.

i. Warum benutzt man beim Zahnausziehen Zangen und nicht die Hand? 10

Weil wir den Zahn mit der ganzen Hand nicht packen können, sondern nur mit einem Teil derselben; und wie es uns schwerer fällt, ein Gewicht mit nur zwei Fingern zu heben, als mit der ganzen Hand, so ist es auch schwerer für uns, den Zahn mit zwei Fingern zu packen und zu 15 drücken, als mit der ganzen Hand. In beiden Fällen ist die Kraft dieselbe, aber die Teilung der Zange bei ihrem Nagel bewirkt dazu, daß die Hand die Übermacht über den Zahn hat; denn es ist ein Hebel, an dessen größerem Teil die Hand ist, und der Abstand der Zange erleichtert 20 das Bewegen des Zahnes. Denn die Zahnwurzel ist das, um was sich der Hebel bewegt. Weil aber der Abstand der Zange größer ist als die Zahnwurzel, um die sich etwas Großes bewegt, so überwiegt die Hand über die in der Zahnwurzel liegende Kraft. Es ist nämlich kein Unter- 25 schied zwischen dem Bewegen eines Gewichtes und dem Bewegen einer Kraft, die jenem Gewichte gleichkommt. Denn wenn wir die Hand schliessen, nachdem sie ausgebreitet war, so entsteht ein Widerstand, nicht wegen des Gewichtes der Hand, sondern wegen der Kraft mit 30 der die Muskeln an einander haften.

1) LK الشى 2) BCL المعينين 3) Codd. هو 4) Codd. لا نه 5) Codd. يكون مغل 6) KLC om. 7) Codd. دنا 8) Codd. add. قد 9) Codd. القوة 10) Codd. بعضه 11) K om. كلما BC

له اجزاء كثيرة ولكل واحد منها من القوة على قدر عرضه
ففى حركة هذا الثقل يأخذ كل واحد من اجزائه من
القوة التى تحركه على قدر ثقله ولا يباله كله قوة واحدة ٥

و لماذا صار الرمى من وسط الوتر ينفذ السهم بعدا
كثيرا لان التوتر يكون فيه اكثر وتكون القوة الباعثة اعظم 5
ولذلك صيروا القسى من قرون ليتمكن فيها الثنى^١ فاذا
ثبتت^٢ كثيرا توتر الوتر بالسهم اكثر وصارت فيه قوة اعظم
تنفذ بعدا اطول ولذلك صارت القسى الصلبة التى لا
تجيب اطرافها الى الثنى تنفذ السهم بعدا اقل ٥

ز لماذا صار الخشب يندق اسرع اذا صيرت الركبة 10
منه على* النصف لانه اذا صيرت الركبة منه على^٣ اقل من
النصف فكان احد جزئيه اطول من الآخر^٤ يكون ميوانا
منقسما بقسمين مختلفين فتقوى اليد^٥ البعيدة من الركبة
على اليد القريبة منها وليس ينال إحداهما قوة^٦ الاخرى
الا ان يكون جميعهما فى طرف العود ٥ 15

ح لماذا صارت الخشبة كلما زادت^٧ فى طولها أكثر
ضعفا^٨ وكثر انثنائها اذا اقلت فى احد طرفيها لان
الخشب الطويلة^٩ فيها^{١٠} قوة كبيرة متفرقة فى اجزائها^{١١}
فتكون كلها تقوى على الثابت منها الذى به تقل فيعرض
لها ما يعرض فى الخشب القصار اذا علق فى اطرافها شىء 20
يكسبها فتكون الزيادة فى طول الخشبة بقدر ذلك الثقل

hat, deren jedem gemäß seiner Breite ein Teil der Kraft zukommt, so daß bei der Bewegung dieser Last jeder von ihren Teilen von der sie bewegenden Kraft nach Maßgabe seines Gewichtes etwas erhält, aber nicht eine Kraft dieselbe als Ganzes trifft.

5

f. Warum treibt ein Schuß von der Mitte der Sehne den Pfeil auf eine große Entfernung hinaus?

Weil die Spannung daselbst am stärksten und die treibende Kraft am größten ist. Deshalb macht man auch die Bogen aus Hörnern, weil hierbei das Biegen 10 möglich ist. Wenn sie stark gebogen sind, ist auch die Sehne mit dem Pfeil stärker gespannt, so daß eine größere Kraft in ihn kommt und er deshalb eine weitere Strecke durchdringt. Deshalb treiben harte Bogen, deren Enden sich nicht biegen lassen, den Pfeil nur auf kurze Strecken. 15

g. Warum läßt sich Holz schneller brechen, wenn man das Knie bei demselben in die Mitte bringt?

Weil, wenn man das Knie dabei in geringere Entfernung (vom einen Ende) als die Mitte bringt, so daß der eine der beiden Teile kürzer ist als der andre, es eine in zwei 20 ungleiche Teile geteilte Wage ist, weshalb die von dem Knie entferntere Hand das Übergewicht über die ihm nähere hat. Die eine erreicht aber die Kraft der anderen nur, wenn beide an dem Ende des Holzes (gleichweit von der Mitte) sind.

25

h. Warum ist ein Stück Holz, je länger es ist, desto schwächer und warum nimmt seine Biegung zu, wenn es in einem seiner beiden Enden aufgerichtet wird?

Weil im langen Holze große Kraft auf seine Teile verteilt ist, so daß das Ganze das Übergewicht hat über den 30

-
- 1) K التثنى 2) K أثنب 3) B om. 4) Codd. add.
 لانه 5) LCK om. 6) Codd. add. على 7) Codd. زاد
 8) BC ضعف KL ضعفت 9) Codd. الطويل 10) Codd.
 فيه 11) Codd. أجراثة

يفعل ميلا مختلفا فيكون فعله الميل الاكثر في الثقل الاصغر
 فانه اذا كانت (1) كفتان في كل واحدة منهما ثلاثة امناء
 وصيرنا في احدى الكفتين نصف مئا مالت تلك الكفة ميلا
 كثيرا فان كان في كل كفة عشرة امناء وزدنا في احدى (2)
 الكفتين نصف مئا كان ميل العمود في ذلك يسيرا جدا
 لانه يعرض في ذلك ان يتحرك الثقل بقوة كبيرة فان الثلاثة
 الامناء يحركها مثل وسدس مثل فاما العشرة امناء فانه
 يحركها مثل ونصف عشر مثل لان * نصف المئ (3) هو نصف
 عشر العشرة امناء وهو سدس الثلاثة الامناء والثقل الذي
 تحركه القوة العظمى تكون حركته اسهل 10

د لماذا صارت الانتقال العظام يهبط الى الارض في
 زمان اقل من زمان التي هي اخف لانه كما يعرض فيها
 اذا كانت القوة المحركة لها من خارج اكبر فانها تتحرك
 اسهل كذلك اذا كانت قوتها في نفسها (4) اكبر تحركت
 أسهل والقوة والجذب في الثقل الاعظم في الحركات 15
 الطبيعية اكبر منه في الثقل الاصغر ٥

ه لماذا صار الثقل الواحد اذا كان له عرض يكون
 هبوطه الى الارض أبطأ منه اذا كان مستديرا (5) لانه ليس
 كما ظن قوم انه ينال المعتض بعرضه هواء كثيرا واما
 المستدير فلان اجزاء بعضها مداخل في بعض لا ينال من 20
 لهواء إلا يسيرا لكن الثقل الذي يمحط معترضا تكون

c. Warum bewirkt dasselbe Gewicht bei im Gleichgewicht befindlichen Wagen eine verschiedene Neigung, so zwar, daß es bei der geringeren Last eine größere Neigung hervorruft?

Wenn man z. B. zwei Wagschalen hat, in deren jeder drei Minen liegen, und wir legen in eine der beiden Schalen noch eine halbe Mine, so neigt sich diese Schale sehr stark. Wenn aber in jeder Schale zehn Minen liegen, und wir legen in der einen Schale eine halbe Mine hinzu, so ist die Neigung des Balkens nur sehr gering.

Weil es sich im ersten Falle zeigt, daß die Last durch eine große Kraft bewegt wird, indem die drei Minen das Gleiche *plus* dem Sechstel davon bewegt; die zehn Minen aber bewegt das Gleiche *plus* dem Zwanzigstel davon. Denn eine halbe Mine ist das Zwanzigstel von zehn, aber das Sechstel von drei Minen, und die Last, welche durch die größere Kraft bewegt wird, ist leichter beweglich.

d. Warum fallen große Lasten in kürzerer Zeit zu Boden als leichtere?

Weil sie, wie es sich bei ihnen zeigt, daß sie sich leichter bewegen lassen, wenn die sie von außerhalb bewegende Kraft größer ist, sich ebenso schneller bewegen, wenn ihre in ihnen selbst liegende Kraft größer ist. Die Kraft und die Anziehung sind aber bei der größeren Last in natürlichen Bewegungen größer als bei der kleineren Last.

e. Warum fällt dasselbe Gewicht, wenn es breit ist, langsamer zu Boden, als wenn es rund ist?

Nicht weil, wie manche glauben, das breite in seiner Breite auf viel Luft stößt, das runde aber, weil seine Teile sich ineinander einlassen, nur auf wenig Luft stößt, sondern weil die Last, die sich breit herabsenkt, viele Teile

1) BCL كانت 2) B om. 3) LCK النصف ما
4) BCL نفسها 5) K متدائرا

يبين حركة الواحد ويبين حركة الجماعة* ولكنه قد نرى
الحركة على الجماعة^(١) اسهل ومن اجل أنّ الجماعة قد
ينال كل واحد منهم شىء ما من الحمل وقد يسهل عليهم
حركته فظاهر لنا أنّ الحمل ينقسم على الذين يحركونه ⊙

[٣٤] المسائل^(٢) آ لماذا صارت العجل التي هي^٥

ذات فلكتين تحمل الاثقال اسهل من العجل اذا كانت
ذات اربع فلک لان الثقل فى العجل التي هي ذات
فلكتين نقله ينقسم بقسمين متساويين عن^(٣) جنبى المحور
فأما فى العجل التي هي ذات اربع فلک فانّ ذلك
لا ينتهيّا ولا ينقسم الثقل فيكون جزءاه اللذان فى الجهتين^{١٠}
متساويين لكن يكون الحمل كلّهُ أمام الفلكتين*
المؤخرتين وخلف الفلكتين^(٤) المقدمتين فيذهب بسرعة
حركة الفلک اختلاف وضع الثقل فانّ الفلکة انما صارت
سريعة الحركة لأنّ ثقلها فى اجرائها كلّها متساو ⊙

ب لماذا صار جرّ العجل يصعب على الدوابّ فى^{١٥}
الرمل لأنّ بعض تقويس الفلک تكون فى قعر الرمل فاذا
جرّت العجلة^(٥) تدغم الفلکة الرمل الذى هو أمامها وايضا
قد يصعب ذلك من اجل أنّ^(٦) ارجل الدوابّ تنفذ فى
الرمل فيكون قلعا صعبا فاما فى الارض الصلبة فانّ ذلك
لا يعرض ⊙

ج لماذا صار الثقل الواحد فى الموازين المتعادلة

Bewegungen dieser Körper. Denn einen Körper, den ein Mann nicht bewegt, oder der, wenn ihn ein Mann bewegt, diesem zu schwer wird, bewegen eine Anzahl von Männern, und es fällt ihnen leicht ihn zu bewegen.

Wenn es der Fall wäre, daß die ganze zu bewegende ⁵ Last auf jedem einzelnen der Bewegenden läge, so wäre kein Unterschied in der Bewegung, zwischen der Bewegung des Einzelnen und der Bewegung der Gesamtheit. Wir sehen aber, daß die Bewegung der Gesamtheit leichter fällt. Und weil auf jeden einzelnen von der Gesamtheit ¹⁰ etwas von der Last entfällt, und ihnen die Bewegung leicht wird, ist es klar, daß die Last auf diejenigen, die sie tragen, verteilt wird.

- 34 Fragen. a. Warum tragen Wagen mit zwei Rädern die Lasten leichter als Wagen mit vier Rädern? ¹⁵

Weil die Last auf Wagen mit zwei Rädern sich in zwei gleichen Teilen zu beiden Seiten der Achse verteilt. Bei Wagen mit vier Rädern geht das nicht an; die Last läßt sich nicht so verteilen, daß die beiden Teile derselben auf beiden Seiten gleich wären, sondern die ganze Last ²⁰ liegt vor den Hinterrädern und hinter den Vorderrädern, und die Verschiedenheit der Lage benimmt die Geschwindigkeit der Bewegung der Räder; denn das Rad hat nur schnelle Bewegung, weil seine Last auf allen seinen Teilen gleichmäÙig ruht. ²⁵

b. Warum ist den Zugtieren das Ziehen eines Wagens im Sande schwer?

Weil ein Teil der Krümmung der Räder in der Grube des Sandes sich befindet, und, wenn der Wagen angezogen wird, der Sand, der vor dem Rade ist, dieses stützt. ³⁰ Ferner ist es deshalb schwierig, weil die FüÙe der Tiere in den Sand eindringen und ihr Herausziehen schwer fällt. Auf hartem Boden aber kommt dies nicht vor.

1) B om.

2) LCK om.

3) B على

4) B om.

5) LK الفلكة

6) LK om.

باسبابه الا بعد الاشياء الظاهرة فيكثر تعجبنا لذلك ان
 كنا نرى الاشياء التي نستعمل ضد ما اعتدناه وما كان
 عندنا فظاهر لنا انه يجب باضطرار لمن اراد الاستقصاء
 في وجود العلل ان يستعمل ابتداءات طبيعية إما واحدة
 وإما كثيرة فيضيف⁽¹⁾ كل ما يسأل عنه اليه ويخرج حل⁽²⁾
 كل واحدة⁽³⁾ من المسائل باستقصاء اذا ظهرت علتها⁽⁴⁾
 وكانت هي الشيء الذي قد عرفناه فليكن لنا موضوعا أن
 الخفيف سهل الحركة والثقيل عسر الحركة وأن الثقل
 الواحد حركته بالقوة* الاكبر اسهل منه بالقوة⁽⁵⁾ الاقل
 فان هذا قد نراه على هذا وهويين ظاهر لنا وقد يجب¹⁰
 ان نعلم أن كل ما يسأل عنه قد يعرض فيه شيء خفي
 ليس بظاهر لانه لا يكاد يسأل عن شيء العلة فيه ظاهرة
 بيئة ولكن يجب ان نعلم أن ابتداء كل المسائل التي
 تعرض في صناعة الحيل وخفية العلة في ذلك انه لا
 يمكننا ان نرى الاجسام الثقيلة منقسمة على القوى المحركة⁽⁶⁾
 لها وهذه العلة تكون ظاهرة باشياء كثيرة وبخاصة بحركات
 هذه الاجسام لأن الجسم الذي لا يحركه رجل واحد او
 الذي اذا حركه رجل واحد كان ذلك عليه عسرا جدا
 فان جماعة من الرجال يحركونه وتكون حركته عليهم
 سهلة فلو كان يعرض ان يكون على⁽⁷⁾ كل واحد من²⁰
 المحركين ثقل المحرك كله كان لا يوجد اختلاف حركة

schon vorgebracht haben, wegen des Nutzens, den sie in diesem Kapitel haben, und wir werden über Dinge staunen, die, wenn wir sie bewiesen haben, das Gegenteil von dem sind, was vorher in unserer Kenntnis lag. Den Ausgang für die Dinge, nach denen wir forschen, nehmen wir von dem, was uns klar ist. Die Dinge aber, von deren Ursachen wir nur nach den klarsten Sachen reden können, werden unser Erstaunen darüber noch vergrößern, wenn wir sehen, daß die Dinge, die wir anwenden, das Gegenteil von dem sind, woran wir uns gewöhnt haben und was bei uns feststand. Es ist nun klar, daß derjenige, der die Ursachen gründlich auffinden will, notwendigerweise natürliche Prinzipien, entweder eins oder mehrere, anwenden, und alles, wonach er forscht, damit verknüpfen muß, und daß die Lösung jeder einzelnen Frage von Grund aus gegeben ist, wenn sich ihre Ursache gefunden hat, und diese etwas ist, was wir bereits erkannt haben.

Es gelte nun für uns als Grundsatz, daß das Leichte leicht beweglich, das Schwere schwer beweglich ist, und daß dieselbe Last durch eine größere Kraft sich leichter bewegen läßt, als durch eine kleinere; denn das Eine ergibt sich aus dem Anderen und ist klar und offenbar für uns.

Wir müssen aber wissen, daß in jeder Frage etwas Dunkles, nicht Offenbares liegt, weil fast niemals nach etwas gefragt wird, wobei die Ursache klar und deutlich ist. Außerdem ist zu beachten, daß alle Fragen, die in der Mechanik auftreten, und wobei eine Dunkelheit in Betreff der Ursache ist, daraus entstehen, daß wir nicht sehen können, wie die schweren Körper sich auf die sie bewegenden Kräfte verteilen; dieser Grund wird durch viele Umstände offenbar, besonders aber durch die

-
- 1) BCL فيصف 2) BCL om. 3) Codd. واحد
 4) Codd. علته 5) B om. 6) B om. 7) B om.

[٣٢] ومن اجل انا قد بينّا في كل واحدة من هذه القوى انه يمكن بالقوة المعلومة ان يحرك الثقل المعلوم ينبغي ان نعلم هذا ايضا انه لو امكن ان تكون المعمولات كلها مخروطة بالمبرد^١ متساوية الثقل متشابهة الاجزاء ملسة كان يمكن في كل واحدة من هذه الآلات^٥ ان نستعمل الاعمال التي ذكرنا على تلك النسبة ولكن من اجل انه لا يمكن الناس يعملون ذلك بالاستقصاء في الممارسة والاستواء ينبغي ان يواد في القوى لما يعرض من خشونة الآلات ونريد في ذلك فعملها^٢ اكثر^٣ قدرا من النسب التي قدّمنا لئلا يعرض لنا* امتناع في^٤ ذلك ونظرنا^{١٠} الى الاستعمال بالآلات^٥ يكذب بما قد صحّ برهانه ٥

[٣٣] وقد يخب باضطراب للذين يريدون معرفة صناعة الحيل ان يعرفوا العلل التي تعرض في استعمال كل حركة كما قد بينّا في رفع الاشياء الثقيلة بالبراهمين الطبيعية واخبرنا بكل ما يعرض لكل واحدة من القوى^{١٥} التي ذكرنا لئلا يقع لهم شيء بلا برهان او شيء يشكون فيه لكن اذا فحصوا في كل واحد مما يطلبونه يخرج لهم صدق ذلك في كل واحد ممّا ذكرنا فلنذكر اشياء قد ذكرها القدماء لما يصلح في هذا النوع وقد فتعجب من هذا ما إذا بينّا كان ضدّ ما تقدّم في معرفتنا ويكون^{٢٠} ابتداء ما نسأل عنه ممّا يظهر لنا وما لا يمكننا ان نخبر^٦

Umfang gleich der Linie $\beta\gamma$ ist. Konstruieren wir nun aus diesen Linien eine Schraubenwindung von der Höhe $\alpha\gamma$ und höhlen den Schraubengang aus, dessen Abstand gleich der Linie $\alpha\gamma$ ist, so können wir nach diesem Verfahren jenes Holz in die Schraubengrube einfügen. 5

32 Da wir eben für jede einzelne der Potenzen bewiesen haben, daß sich durch eine gegebene Kraft eine gegebene Last bewegen läßt, müssen wir noch bemerken, daß man, wenn alle zu konstruierenden Maschinen mit der Feile gedrechselt, gleichmäßig an Schwere, Ebenmaß und 10 Glätte sein könnten, bei jeder einzelnen derselben die erwähnten Verfahren nach jenen Verhältnissen anwenden könnte. Da es aber den Menschen nicht möglich ist, sie in vollkommener Glätte und Gleichmäßigkeit herzustellen, muß man die Kräfte verstärken wegen der Reibung 15 der Maschinen, die eintritt, und sie vergrößern, indem man sie in größerem Maßstabe baut als nach jenen Verhältnissen, die wir erwähnt haben, damit uns nicht ein Hindernis dabei eintritt, während unsere Beobachtung des Gebrauches der Werkzeuge das für falsch erklärt, 20 dessen Beweis eben als richtig befunden wurde.

33 Es ist nun durchaus notwendig für diejenigen, die sich mit der Wissenschaft der Mechanik beschäftigen, die Ursachen zu kennen, die beim Gebrauch jeder Bewegung wirken, wie wir es für das Heben schwerer Gegenstände 25 mit naturgemäßen Beweisen dargelegt und alles auseinanderzusetzen haben, was bei jeder einzelnen von den erwähnten Potenzen eintritt, damit nichts Unbewiesenes für sie vorkomme, noch etwas, worüber sie im Zweifel sind, sondern sich ihnen, wenn sie jede ihrer Aufgaben 30 genau betrachten, die Richtigkeit davon für alles einzelne, was wir erwähnt haben, ergibt.

Nun wollen wir von Dingen reden, die die Alten

1) Codd. بالشهد

2) BCL بعمله

3) BCL كثر

4) Codd. من امتناع

5) Codd. add. أن

6) BC ناجيز

على زاوية⁽¹⁾ قائمة وهو خط $\overline{هـ ج}$ وليعمل اسفين كالمتين وهو $\overline{ا ب د هـ}$ وليدخل ضلعه الذي هو $\overline{ب د}$ ليكون منه شيء يسير تحت الحمل وليكن راسه $\overline{ا هـ}$ فيظهر لنا ان اسفين $\overline{ا ب ج}$ اذا ضرب نفذ $\overline{ا ب د هـ}$ برهان ذلك ان نخرج خطي $\overline{ا ب د هـ}$ الى $\overline{ز}$ فتكون زاوية $\overline{ا ز هـ}$ ⁽²⁾ مساوية لزاوية $\overline{ا ب ج}$ ⁵ فيكون $\overline{ا ز هـ}$ اسفينا ايضا يمكن ان تحرك بتلك القوة ولنتوهم ما يلي منه علامات $\overline{ب ز د}$ تحت الحمل فيكون قد نفذ⁽³⁾ الاسفين فاما الاسفين فهذا بيانه وليس يجب باضطراب ان نستعمل للاسفين زاوية حادة لانا قد برهنا ان كل ضربة يسيرة تمكن ان تحرك كل اسفين اذا ضرب ضربات كثيرة¹⁰ واستعمالنا الروايا الصغار⁽⁴⁾ انما هو للضربات⁽⁵⁾ الصغار فاذا ليس يجب باضطراب ان نستعمل* في الاسفين⁽⁶⁾ الروايا⁽⁷⁾ الصغار ⊙

[٣١] فاما في اللولب فانه ليس يمكن ان نستعمل مثل هذا العمل ولذلك يحتاج ان نركب في زاوية الدائرة¹⁵ اللولبية التي هي زاوية $\overline{ا ب ج}$ عمود $\overline{ا ج}$ قائما على $\overline{ب ج}$ مساويا لغلظ الطولس الذي نريد ان نركبه في الحفر اللولبي ونعمل اسطوانة يكون محيطها مساويا لخط $\overline{ب ج}$ ونرسم دائرة لولبية من هذه الخطوط في بعد $\overline{ا ج}$ ونحفر الدائرة اللولبية ويكون بعدها مساويا لخط $\overline{ا ج}$ فبهذا²⁰ العمل يمكننا ان نركب تلك الخشبة في الحفر اللولبي ⊙

so zeigt es sich uns, dafs, wenn der Keil $\alpha\beta\gamma$ eingeschlagen wird, er auch $\alpha\beta\delta\epsilon$ eintreibt. Beweis. Verlängern wir die beiden Linien $\alpha\beta$ und $\delta\epsilon$ nach ζ , so wird der Winkel $\alpha\zeta\epsilon$ gleich dem Winkel $\alpha\beta\gamma$; $\alpha\zeta\epsilon$ ist also ebenfalls ein

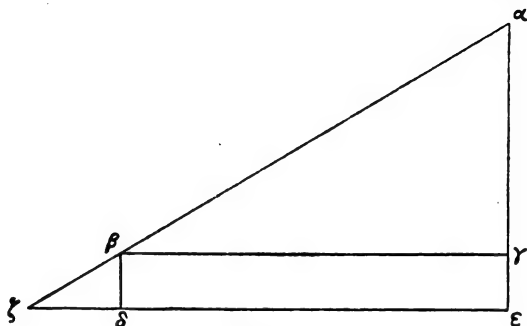


Fig. 39.

Keil, der sich durch dieselbe Kraft bewegen läßt. Denken wir uns nun den bei $\beta\zeta\delta$ gelegenen Teil desselben unter der Last, so ist der Keil eingetrieben. Für den Keil ist also dies der Beweis. Indes ist es nicht absolut notwendig bei dem Keil spitze Winkel anzuwenden, weil wir eben bewiesen haben, dafs jeder leichte Schlag jeden Keil bewegen kann, wenn die Schläge in grosser Anzahl fallen. Wir benutzen aber die spitzen Winkel gerade wegen der leichten Schläge. Es ist also nicht durchaus notwendig bei dem Keil kleine Winkel anzuwenden.

- 31 Bei der Schraube können wir nicht ebenso verfahren. 15
Dazu müssen wir an dem Winkel des Schraubenganges, nämlich $\alpha\beta\gamma$ eine auf $\beta\gamma$ Senkrechte $\alpha\gamma$ anbringen, gleich der Dicke des Tylos, den wir in die Schraubengrube eingreifen lassen wollen, und einen Cylinder machen, dessen

1) LK زوايا 2) LK om. 3) BCL بعد K بعد
4) B om. 5) BCL الضربات 6) BCL للأسفين 7) B om.

اسطوانة اللولب¹) فتكون القوة التي²) عندم المعادلة للالف
 قنطار خمسة قناطير فان زدنا في الوند الذى هو³) علامة
 م زيادة ما قويت القوة التى هى خمسة قناطير وأما المحور
 الذى فى الفلكة واللولب فليركبا فى ركن ثابت يكون فى
 هيئة التناجوت لتكون اطراف المحور فى حائطى الركبين⁵
 القائميين ويكون طرف اللولب السفلى فى اسفل الركن
 الثابت يدور وطرفه الاعلى* فى وسط السطح الاعلى⁴)
 ولترجع طرفه ونصير فيه فلكة يكون الوند فيها وليكن هذا
 الركن الشبيه بالتناجوت فى موضع ثابت فى موضع جيد
 الاساس محكم الوثاقة اذا دور الوند ارتفع الثقل \odot 10
 [٣٠.] فاما فى الاسفين واللولب فاننا نعمل هذا العمل
 تكون زاوية الاسفين الذى نريد ان نعمله زاوية⁵) ا ب ج
 وهى حادة فاقول ان الاسفين التى تكون زواياها اكثر
 حدة تحرك الثقل باقل ضربة⁶) اعنى باصغر قوة ولنبلغ من
 صغرها ان لا تستعمل لحدتها وليخرج* خط قائم على خط¹⁵
 ج ب* وهو خط ب د⁷) ليقوى الاسفين وليخرج⁸) خط
 مواز لخط ب ج وهو خط د ه وليخرج من علامة ه خطا

الوند الذى BCK 2) الوند الذى من الماخذ BCK 1)

فى وسط B كالسطح الاعلى فى وسطه LCK 4) عند K add. 3)

ركن ثابت 5) LK om. 6) B om. 7) BCL om.

8) B om.

wir nun den Griff μ in Umdrehung versetzen, dreht sich die Schraube λ und zugleich mit der Schraube dreht sich das Rad κ ; durch dessen Umdrehung dreht sich die Achse und es wickelt sich das Seil der Rollen auf derselben auf, drückt das Hebelende bei γ nieder und die Last hebt sich. 5 Sei nun der Durchmesser des Rades κ das Vierfache des Durchmessers der Achse ϑ , damit die Kraft bei κ zehn Talente sei, und sei die Speiche μ das Doppelte des Durchmessers des Schraubencylinders, so ist die Kraft bei μ , die den tausend Talenten das Gleichgewicht hält, fünf Talente. 10 Wenn wir aber die Speiche beim Punkte μ ein wenig verlängern, so überwiegt die Kraft von fünf Talenten.

Das Rad mit der Welle und die Schraube seien in einem festen Gestell von der Art eines Kastens angebracht, damit die Enden der Achse in den senkrechten Wänden 15 des Gestelles liegen, das untere Ende der Schraube im Boden des Gestelles sich drehe, und das obere Ende derselben in der Mitte der oberen Fläche. Dieses Ende mache man viereckig und bringe daran eine Scheibe an, in welcher die Speiche sitzt. Dieses feste kastenähnliche 20 Gestell befinde sich an einem soliden, gut fundamentierten Orte von starker Festigkeit. Wenn man die Speiche dreht, hebt sich die Last.

30 Für den Keil und die Schraube wenden wir folgendes Verfahren an. Sei der Winkel des Keils, den wir machen 25 wollen, $\alpha\beta\gamma$, nämlich ein spitzer. So behaupte ich, daß die Keile, deren Winkel spitzer sind, die Last durch geringere Schläge, d. h. mittels einer kleineren Kraft bewegen, und sie mögen eine solche Kleinheit erreichen, daß sie wegen ihrer Spitze nicht zu verwenden sind. 30 Ziehen wir eine auf $\beta\gamma$ senkrecht stehende Linie, nämlich $\beta\delta$, damit der Keil zur Wirkung gelange. Ferner zu $\beta\gamma$ eine Parallele, nämlich $\delta\epsilon$; ziehen wir nun durch den Punkt ϵ eine Linie unter rechtem Winkel, nämlich $\epsilon\gamma$ und mache man einen Keil, wie der eben bestimmte, nämlich $\alpha\beta\delta\epsilon$. 35 Treiben wir seine Seite $\beta\delta$ so ein, daß ein kleines Stück von ihm unter die Last kommt, und sei sein Kopf $\alpha\epsilon$,

الثقل المعلوم فليكن الثقل المعلوم على علامة \bar{a} وليكن
 ماخل على علامتى \bar{b} ج ولتكن علامة \bar{b} التى هى طرف
 الماخل تحت الحمل وعلامة \bar{c} متعالية وليكن الحاجر
 الذى يتحرك عليه الماخل علامة \bar{d} وليكن \bar{c} د خمسة
 امثال \bar{d} فاذا القوة التى عند \bar{c} تكون مائتى قنطار⁵
 حتى تعادل ثقل \bar{a} ولنشد¹ فى طرف الماخل الذى هو
 علامة \bar{c} آلة كثيرة الرفع تكون على علامة \bar{e} ولتكن الآلة
 الاخرى موازية لها فى ركن ثابت وهو عند علامة \bar{z} وليكن
 الشيء الذى يجذب هذه الآلة على علامة \bar{c} وليكن ذا
 خمس بكر فتكون القوة الجاذبة اربعين قنطارا وليكن¹⁰
 محور على فلكة وهو \bar{p} فاما المحور فعليه² علامة \bar{p}
 واما الفلكة فعليها³ علامة \bar{q} وليكن الحبل الذى يجرى
 على البكرة ملفوفا على المحور ولتكن الفلكة ذات اسنان*
 قائمة على السطح الموضوع وليرتب فى اسنانها لولب وهو
 لولب \bar{l} وليكن له مقبض يدورة على علامة \bar{m} وليكن¹⁵
 تركيب الاسنان³ فى الحفر اللولبية فاذا ادرفنا⁴ مقبض⁵
 \bar{m} يدور⁶ لولب⁷ \bar{l} ⁸ ويدور بتدوير⁹ اللولب فلكة \bar{q}
 فيدور بهذا التدوير محور \bar{p} ويلتف عليه الحبل الذى
 للبكر فيكبس طرف الماخل الذى عند \bar{c} ويرتفع الثقل
 فليكن قطر فلكة \bar{q} اربعة امثال قطر محور \bar{p} لتكون القوة²⁰
 التى عند \bar{q} عشرة قناطير وليكن وقد \bar{m} ضعف* قطر

• 164 DIE MECHANIK DES HERON VON ALEXANDRIA.

mit κ bezeichnet und das Seil, das über die Rollen läuft, sei um die Achse gewickelt. Das Rad sei gezahnt und stehe senkrecht auf der gegebenen Ebene. In seine Zähne

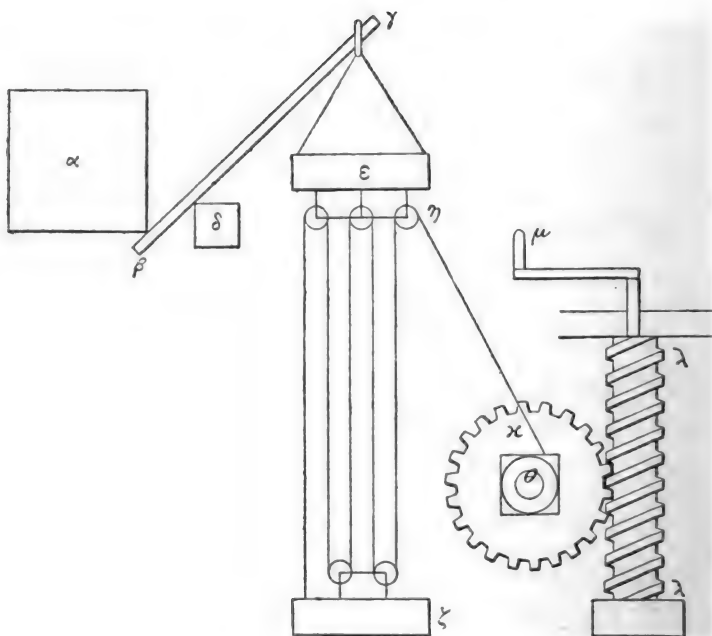


Fig. 38.

soll eine Schraube eingreifen, nämlich die Schraube λ , mit einem Handgriff, der sie in Umdrehung versetzt, und die 5 Zähne mögen in die Schraubengrube eingreifen. Wenn

- 1) BC ونشد 2) LK على 3) B om. 4) Codd. اردنا
 LC أن ندور 5) K وتد 6) LC om. 7) LCK اللولب
 8) LCK om. 9) K بندويره

القوة الى القوة كنسبة الرمان الى الرمان كذلك نبين في هذا ايضا ⊙

[٢٧] فاما في الاسفين واللولب فانه لا يمكننا ان نقول هذا لانه كما قد^١ بينا فيما قبل هذا انه ليس يعرض لشي منها امتناع لكن يعرض ضد ذلك وكلما زادت القوة^٥ التي فيهما صغر كل واحد منهما وانما كان غرضنا ان نحتال فيما يرداد عظمه كزيادة^٢ الثقل حتى يمكننا العمل فيه بآلات صغار فيسهل ذلك فاذا ليس نحتاج في الاسفين واللولب ان نحتال في تصغيرهما ليسهل العمل ⊙

[٢٨] فاما ان يكون الابطاء ايضا قد يعرض لهذين^{١٠} فان ذلك ظاهر لان الضربات الكثيرة لها من الرمان اكثر مما للضربة الواحدة وتدوير اللولب دورات كثيرة له^٣ من الرمان اكثر مما للدورة الواحدة وقد بينا ان نسبة زاوية الاسفين الى الزاوية كنسبة الضربة المحركة* الى الضربة المحركة^٤ فاذا نسبة الرمان* الى الرمان^٥ كنسبة القوة^{١٥} الى القوة ⊙

[٢٩] اما فيما تقدم فانا حركنا الثقل المعلوم بمحاور كثيرة في فلك وبامخال كثيرة مركبة وببكر كثيرة وقد يمكننا ان نحرك الثقل المعلوم باجتماع هذه وتراكب بعضها ببعض خلا الاسفين لانه وحده لا يحرك إلا بالضربة فلبين^٦ الان انه قد يمكننا ان نراكب^٧ الاربع قوى ونحرك باجتماعها

Wir brauchen also bei der Schraube und dem Keil nicht nachzudenken über ihre Verkleinerung, um leichter damit arbeiten zu können.

28 Dafs die Verzögerung auch bei diesen beiden eintritt, ist klar, weil viele Schläge mehr Zeit beanspruchen als ein einziger, und das häufige Umdrehen einer Schraube mehr Zeit erfordert als eine Umdrehung. Wir haben also bewiesen, dafs das Verhältnis von Keil-Winkel zu Winkel wie das (umgekehrte) von bewegendem Schlag zu Schlag ist. Dann ist auch das Verhältnis von Zeit zu Zeit das (umgekehrte) wie das von Kraft zu Kraft. 10

29 Im Vorhergehenden haben wir die bekannte Last mittels vieler Wellen mit Rädern, vieler verbundener Hebel, und vieler Flaschenzüge bewegt. Wir können die bekannte Last aber auch durch eine Vereinigung derselben und 15 durch Verbindung einzelner, ausser dem Keil, bewegen, weil dieser allein nur durch Schläge bewegt wird. Beweisen wir jetzt, dafs wir die vier Potenzen verbinden, und durch ihre Vereinigung die bekannte Last bewegen können. 20

Sei die bekannte Last beim Punkte α , und sei bei den Punkten $\beta\gamma$ ein Hebel; sei der Punkt β derjenige unter der Last, und der Punkt γ gehoben; das Hypomochlion sei der Punkt δ , und $\gamma\delta$ sei das Fünffache von $\delta\beta$; dann ist die Kraft bei γ zweihundert Talente, sodafs sie der Last 25 α das Gleichgewicht hält. Befestigen wir am Ende des Hebels im Punkte γ einen Flaschenzug, der sich bei ϵ befindet, und sei der andre Teil des Werkzeuges ihm parallel an einer festen Stütze, nämlich beim Punkte ζ . Der Angriffspunkt dieses Werkzeuges sei beim Punkte γ und 30 dieses selbst habe fünf Rollen; dann ist die ziehende Kraft vierzig Talente. Sei nun noch eine Welle mit einem Rade vorhanden, nämlich $\theta\kappa$, und sei die Welle mit θ , das Rad

1) KL om. 2) K لربادة 3) BC لها 4) B om.
 5) Codd. om. 6) BCL ولنبتين 7) LC om. K داخل

هـ التي هي رأس المخل مركبة على علامة ج ليكون بحركة
هـ يتحرك ج وليكن الحاجر الذي تحت المخل على علامة
ح وليكن متحركاً الى د وليكن زح خمسة امثال ح هـ
فتكون ⁽¹⁾ القوة التي عند ز اربعين قنطاراً وليكن مخل
آخر وهو ط وليركب علامة ط على علامة ز ولتكن متحركة ⁵
حركة ضد حركة هـ وليكن الحاجر الذي تحت المخل على
علامة ل وليكن متحركاً حركة في الجهة التي ليس
تتحرك اليها علامة هـ وليكن لال ثمانية امثال ل ط فتكون
القوة التي عند ل خمسة قنابير فتعادل الثقل فان اردنا ان
تقوى القوة على الثقل فحتاج ان نصير لال اعظم من ¹⁰
ثمانية امثال ل ط فان كان لال ثمانية امثال ل ط وزح
خمس امثال ح هـ و ج د اكثر من خمسة امثال د ب فان
القوة تقوى على الثقل ☉

[٢٩] وقد يعرض في هذا الابطاء على تلك النسبة

لانه ليس بين هذه الامخال وبين المحاور التي في داخل ¹⁵
الفلك المتحركة على مراكز فضل لان هذه الامخال هي
كالمحاور ⁽²⁾ تتحرك على علامات دحل التي هي الحجارة
التي تدور عليها الامخال فتكون دوائر المحاور الدوائر
التي ترسمها علامات ب ه ط والفلك الدوائر التي ترسمها
علامات ج زل فكما أننا قد بينا في تلك المحاور أن نسبة ²⁰

المحاور LC 2) فلتكن BC 1)

Heronis op. vol. II. ed. Nix.

des Hebels, an den Punkt γ , damit bei der Bewegung von ε auch γ sich bewegt; das Hypomochlion sei beim Punkte η und (der Hebelarm ε) bewege sich nach δ hin; sei ferner $\zeta\eta$ das Fünffache von $\eta\varepsilon$, so beträgt die Kraft bei ζ vierzig Talente. Sei nun noch ein anderer Hebel vorhanden, nämlich $\vartheta\kappa$ und verbinden wir den Punkt ϑ mit dem Punkte ζ und bewege sich dieser entgegengesetzt wie ε ; sei ferner das Hypomochlion beim Punkte λ , und $\kappa\lambda$ das Achtfache von $\lambda\vartheta$, und bewege sich dieses nach der Richtung, nach der sich ε nicht bewegt, so beträgt die Kraft bei κ fünf Talente und hält der Last das Gleichgewicht. Wollen wir aber, daß die Kraft die Last aufwiegt, so müssen wir $\kappa\lambda$ größer als das Achtfache von $\lambda\vartheta$ machen. Wenn also $\kappa\lambda$ das Achtfache von $\lambda\vartheta$, $\zeta\eta$ das Fünffache von $\eta\varepsilon$, und $\gamma\delta$ größer als das Fünffache von $\delta\beta$ ist, so wird die Kraft die Last aufwiegen.

26 Auch hierbei zeigt sich die Verzögerung nach demselben Verhältnisse, weil kein Unterschied besteht zwischen diesen Hebeln und den Wellen, die durch Räder gehen, die sich um Mittelpunkte bewegen. Denn die Hebel sind wie die Wellen, indem sie sich um die Punkte δ, η, λ bewegen, nämlich um die Steine, um welche sich die Hebel drehen. Die Achsenkreise sind die Kreise, welche die Punkte $\beta, \varepsilon, \vartheta$ beschreiben, und die Räder diejenigen Kreise, welche die Punkte γ, ζ, κ beschreiben. So wie wir für jene Achsen bewiesen haben, daß das Verhältniß von Kraft zu Kraft das (umgekehrte) ist, wie das von Zeit zu Zeit, ebenso beweisen wir es auch hier.

27 Bei dem Keil und der Schraube können wir diese Behauptung aber nicht aufstellen, weil, wie wir im Vorhergehenden bewiesen haben, bei diesen kein Hindernis eintritt, sondern das Gegenteil davon, je größer die Kraft an ihnen beiden wird, desto kleiner wird jedes von ihnen. Unsere Absicht war aber über die Maschinen eine Betrachtung anzustellen, die mit der Vergrößerung der Last größer werden, sodaß wir imstande wären daran mit kleinen Maschinen zu arbeiten, und es so leichter würde.

الثقل من عند ب الى ج فانها تريد ان تلق خمسة¹⁾
احبل ممدودة* الى الخمس²⁾ بكر بقدر البعد الذى بين
علامتى بـج والقوة التى عند ج تريد ان تلق الخمسة
احبل خمس مرات فإن نحن صيرنا بعدى بـج هـ
متساويين تكون بلف حبل واحد من الحبال التى فى³⁾
بعد بـج تلتف خمسة احبل من الحبال التى فى بعد
هـ لأن الثقل اذا تحرك فى البعد الذى بين بـج يحتاج
الى ان تلتف له خمسة احبل بقدر بعد بـج فتكون نسبة
الزمان الى الزمان كنسبة القوة المحركة الى القوة المحركة
ولأن لا يكون ازدياد⁴⁾ الحبال كثيراً⁵⁾ يحتاج الى ان⁶⁾
يكون بعد هـ خمسة امثال بعد بـج و ط⁷⁾ ثمانية امثال
هـ فعلى هذا العمل ترفع⁸⁾ البكر الكثيرة الرفع معاً
[٢٥] فاما المخل فان هذا الثقل يتحرك بهذه القوة
بهذا العمل فليكن الثقل على علامة آ وليكن المخل بـج
وليكن الحجر الذى تحت المخل على علامة د ولتكن⁹⁾
حركتنا للثقل بالمخل وهو مواز للارض وليكن جـ د خمسة
امثال د ب فتكون القوة التى عند جـ المعادلة للالف
قطار مائتى قطار وليكن مخل آخر وهو هـ ز ولتكن علامة

3) B التى للخمس BCL 2) سبعة K ستة B 1)

هـ Codd. 5) B om. كثيرة CLK 4) ازداد CLK امداد

يرتفع K 6)

hundert Talente beträgt, die Last von β nach γ hebt, so will sie die fünf um die fünf Rollen gespannten Seile um den Betrag der Entfernung zwischen den Punkten β und γ aufwickeln, während die Kraft bei η die fünf Seile fünfmal aufzuwickeln hat. Wenn wir nun die Entfernungen $\beta\gamma$ 5 und $\varepsilon\zeta$ einander gleich machen, so wickelt sie, bei Aufwicklung eines von den Seilen in der Entfernung $\beta\gamma$, fünf von den Seilen in der Entfernung $\varepsilon\zeta$ auf, weil, wenn die Last sich in der Entfernung zwischen β und γ bewegt, fünf Seile um den Betrag der Entfernung $\beta\gamma$ aufgewickelt 10 werden müssen, sodafs sich Zeit zu Zeit (umgekehrt) verhält, wie bewegende Kraft zu bewegender Kraft. Damit die Vermehrung der Seile nicht zu zahlreich werde, muß die Entfernung $\varepsilon\zeta$ das Fünffache der Entfernung $\beta\gamma$ und $\vartheta\kappa$ das Achtfache von $\varepsilon\zeta$ sein. Bei diesem Verfahren 15 heben die Flaschenzüge zusammen.

- 25 Auch mittels des Hebels läfst sich dieselbe Last durch dieselbe Kraft nach demselben Verfahren bewegen.

Es sei also die Last bei dem Punkte α und der Hebel sei $\beta\gamma$, das Hypomochlion beim Punkte δ . Wir bewegen 20 die Last mittels des Hebels, welcher der Erde parallel ist, und

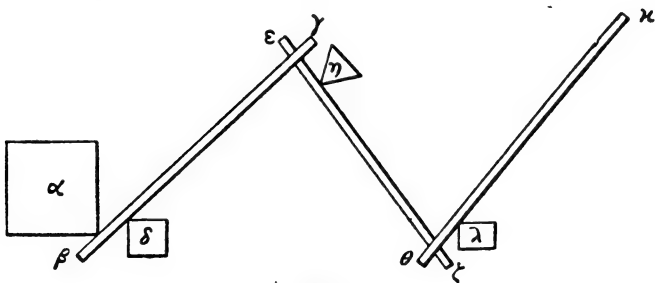


Fig. 37.

sei $\gamma\delta$ das Fünffache von $\delta\beta$. Es wird also die Kraft bei γ , die den tausend Talenten das Gleichgewicht hält, zweihundert Talente betragen. Sei nun ein andrer Hebel vorhanden, nämlich $\varepsilon\zeta$, und stoße der Punkt ε , der Kopf 25

نقل الثقل اليه وليكن مثلا ذا خمس¹ بكر ولتكن البكرة
التي يمدّ منها الثقل على علامة د فيحتاج ان تكون القوة
التي عند د المعادلة للالف² قنطار مائتي قنطار والقوة
المفروضة لنا انما هي قوة خمسة قناطير فلنخرج من بكرة
د قلسا الى * آلة كثيرة³ الرفع تكون عند ه وليكن ركن⁵
ثابت محاذيا لها عند ز وليكن ذلك الركن الثابت وما يليه
عند علامة ه مثلا ذا⁴ خمس بكر وليكن الممدود منه
عند ح فيحتاج ان تكون القوة التي عند ح قوة اربعين
قنطارا ونخرج ايضا طرف القلس الذي عند ح الى بكرة
اخرى تكون عند ط وليكن الركن الثابت عند ك وليكن¹⁰
يمدّ من علامة ك ومن اجل أن الاربعين قنطارا هي
ثمانية امثال الخمسة قناطير يحتاج ان تكون الكثيرة
الرفع ذا ثمان بكر فنكون القوة التي عند ك المعادلة
للفل قنطار خمسة قناطير فلان تقوى القوة التي عند ك
على الثقل ينبغي ان تكون البكر اكثر من ثمانية فتقوى¹⁵
القوة على الثقل ⑤

[٢٤] فاما ان يكون الابطاء قد يعرض في هذه
الآلة ايضا فان ذلك ظاهر لأن هذا في مثل تلك النسبة
فان القوة التي عند د التي هي مائتا قنطار اذا رفعت

الآلة الكثيرة BC 3) لالف KL 2) الخمس BC 1)

دو LK 4)

Achtfache von fünf Talenten sind, der Flaschenzug acht Rollen haben müssen, sodafs die Kraft bei κ , die den tausend Talenten das Gleichgewicht hält, fünf Talente be-

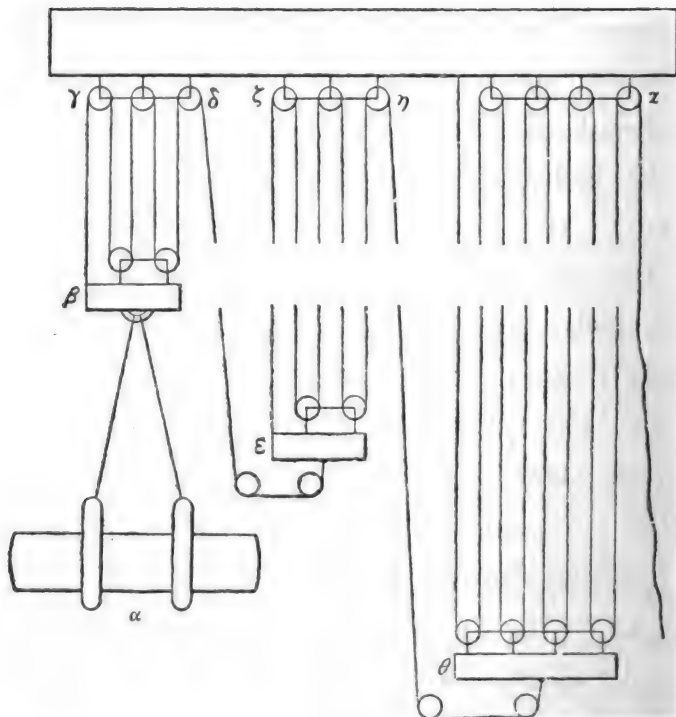


Fig. 86.

trägt. Damit aber die Kraft bei κ das Übergewicht über die Last erlange, müssen die Rollen mehr als acht 5
Zahl sein; dann wird die Kraft die Last aufwiegen.

24 Dafs die Verzögerung auch bei diesem Werkzeug eintritt, ist klar, weil der Vorgang nach demselben Verhältnis stattfindet. Denn wenn die Kraft bei δ , welche zwei-

مثال ذلك انه لما كانت القوة عند فلكة ب مأتى قنطار وكانت تتحرك الثقل يحتاج* الى دورة واحدة في⁽¹⁾ ان يلتف القلس الذى* لف على آ⁽²⁾ لينتحرل الثقل* بحركة فلكة ب⁽³⁾* بقدر محيط⁽⁴⁾ آ⁽⁵⁾ وان كان ينتحرل⁽⁶⁾ بحركة فلكة د يحتاج ان تتحرك فلكة ج خمس مرات لينتحرل⁽⁵⁾ محور آ مرة واحدة لان قطر فلكة ب خمسة امثال قطر محور ج فخمسة امثال⁽⁷⁾ ج مساوية لواحد مثل ب اذا نحن صيرنا المحاور متساوية والفلك وإلا فانا نجد* تناسبها لهذا⁽⁸⁾ ان⁽⁹⁾ فلكة د تتحرك عند ب والخمس محيطات⁽¹⁰⁾ التى لد لها خمسة ازمان محيط واحد⁽¹⁰⁾ والمأتى⁽¹¹⁾ قنطار خمسة امثال اربعين قنطارا فاذا نسبة القوة المحركة الى القوة المحركة بالمبادلة وكذلك يعرض فى المحاور الكثيرة والفلك الكثيرة وبهذا يتبين ٥

[٢٣] ولزم ان نحرك هذا الثقل بهذه القوة بالآلة التى تسمى كثيرة الرفع وليكن الثقل الذى عليه علامة آ وليكن⁽¹⁵⁾ الموضع الذى يجذب منه عليه⁽¹²⁾ علامة ب والموضع الذى يحاذيه عليه⁽¹²⁾ علامة ج وهو الركن الثابت الذى نريد ان

تتناسب Codd. 8) مثل Codd. 7) فان كانت ينتحرل K

Codd. 11) محيطان BCL 10) Codd. om. 9) متشابهة لهذه

على KL 12) المأتى

einmal bewegt, weil der Durchmesser von β das Fünffache des Durchmessers der Achse γ ist. Also ist das Fünffache von γ gleich dem einfachen β , wenn wir die Achsen und Räder je einander gleich machen. Wenn aber nicht, so finden wir eine dieser ähnlichen Proportionalität. Das Zahnrad δ bewegt sich bei β und die fünf Umläufe von δ beanspruchen die fünffache Zeit eines einzelnen (von β), und die zweihundert Talente sind das Fünffache von vierzig Talenten. Daher ist das Verhältniß der bewegenden Kraft zur Zeit ein umgekehrtes. Dasselbe zeigt sich bei 10 mehreren Achsen und mehreren Rädern und wird auf dieselbe Art bewiesen.

- 23 Wir sollen nun dasselbe Gewicht mit derselben Kraft durch das Flaschenzug genannte Werkzeug bewegen. Das Gewicht sei mit α bezeichnet, der Ort, von dem es 15 weggezogen wird, mit β und der ihm gegenüberliegende Ort mit γ , welches der feste Stützpunkt ist, bis zu welchem wir das Gewicht heben wollen. Habe der Flaschenzug z. B. fünf Rollen, und befinde sich die Rolle, von der aus die Last gezogen wird, bei dem Punkte δ , so muß die 20 Kraft bei δ , welche den tausend Talenten das Gleichgewicht hält, zweihundert Talente sein; die uns gegebene Kraft beträgt aber nur fünf Talente. Ziehen wir also von der Rolle δ ein Seil nach einem Flaschenzug beim Punkte ϵ , und sei ihm gegenüberliegend ein fester Stützpunkt bei ξ ; 25 befinden sich an diesem festen Stützpunkt und in seiner Nähe bei dem Punkte ϵ fünf Rollen, und befinde sich die Zugrolle bei η , so muß die Kraft bei η eine Kraft von vierzig Talenten sein. Ziehen wir wieder das Ende des bei η befindlichen Seiles nach einem anderen Flaschenzuge 30 bei θ und befinde sich der feste Stützpunkt bei κ und werde bei κ gezogen, so wird, weil vierzig Talente das

1) Codd. om. 2) B $\overline{\text{على فلكة اب على ح}}$ 3) CLK om.

4) BCKL $\overline{\text{قطر محور}}$ 5) K $\overline{\text{ح}}$ CL $\overline{\text{د ح}}$ B $\overline{\text{د}}$ 6) L om.

الثقل نحتاج ان نصير فلكة ز اعظم قليلا او نصير محورة
اصغر¹⁾ قليلا فاذا فعلنا ذلك قويت القوة على الثقل فان
اردنا ان نستعمل محاورا وفلكا كثيرة في هذا العمل فانا
نحتاج فيه الى هذه النسبة لانا نحتاج ان نحسن اردنا ان
نصير القوة معادلة للثقل أن يكون جميع النسب معادلة
لثقل وإن اردنا ان نقوى على الثقل احتجنا ان نصير
في جملة النسب زيادة على معادلة الثقل أما²⁾ المحاور
الذى فى داخل الفلكة فعلى هذه الجهة تتحرك به الثقل
المعلوم فإن اردنا ان لا نصير الفلك ذات اوتاد نلق على
المحاور والفلك قلوبا فيخرج لنا ذلك العمل لان الفلكة³⁾
التي تتحرك اخيرا تتحرك بها المحاور الاول الذى يشيل
الثقل وهذه الصيغة التي للمحاور والفلك إنما تكون فى
اركان ثابتة تكون فيها ثقب تنفذ فيها اطراف المحاور
وهذه الاركان اذا كان الثقل⁴⁾ يرتفع ينبغي ان تكون فى
موضع ثابت وثيق ⑤

15

[٢٢] وقد يعرض لهذه الآلة وما اشبهها من الآلات
ذوات القوة الكبيرة ابطاء لان بقدر ضعف⁵⁾ القوة المتحركة
عدد عظم الثقل المتحرك بذلك القدر فزيد فى الزمان
فتكون بنسبة واحدة⁶⁾ القوة⁷⁾ الى القوة والزمان⁸⁾ الى الزمان

1) B أدق 2) B om. 3) LC om. 4) K صغر

5) B om. 6) K للقوة 7) للزمان

sein, wie es gegeben war. Damit aber die Kraft das Übergewicht über die Last erhalte, müssen wir das Rad ζ ein wenig größer oder die Achse ϵ ein wenig dünner machen. Wenn wir dies thun, wiegt die Kraft die Last auf.

5

Wenn wir bei diesem Vorgehen noch mehrere Räder und Achsen benutzen wollen, so müssen wir dasselbe Verhältniß anwenden, weil alle Verhältnisse der Last entsprechen müssen, wenn wir die Kraft mit der Last ins Gleichgewicht bringen wollen. Wenn wir aber wollen, 10 daß sie die Last aufwiegt, müssen wir den gesamten Verhältnissen einen Überschufs über die Gleichgewichtslage der Last geben.

Durch die Achse, die durch ein Rad geht, läßt sich also auf diese Weise eine bekannte Last bewegen. Wenn 15 wir aber die Räder nicht gezahnt machen wollen, so winden wir um Achsen und Räder Seile, und dieselbe Arbeit läßt sich dann leisten, weil durch das Rad, das sich zuletzt bewegt, die erste Achse, die die Last zieht, bewegt wird. Diese Art Räder und Achsen anzuwenden, muß in festen 20 Stützen stattfinden, in welchen Löcher sind, worin die Enden der Achsen eindringen. Diese Stützen müssen, wenn die Last gehoben wird, an einem sicheren, festen Platze errichtet sein.

- 22 Bei diesem Werkzeug und den ihm ähnlichen von 25 großer Kraftentfaltung tritt aber eine Verzögerung ein, weil wir desto mehr Zeit gebrauchen, je geringer die bewegende Kraft im Verhältniß zu der zu bewegendenden Last ist, sodaß Kraft zu Kraft und Zeit zu Zeit in demselben (umgekehrten) Verhältniß stehen. Ein Beispiel dafür ist 30 folgendes: Da die Kraft bei dem Rade β zweihundert Talente war, und sie die Last bewegte, so bedarf man einer Umdrehung, damit das um α gewundene Seil sich aufwickele, sodaß die Last sich bei Bewegung des Rades β um den Betrag des Umfanges von α bewegt. Wird sie 35 aber durch Bewegung des Zahnrades δ bewegt, so muß das Rad auf γ sich fünfmal bewegen, damit die Achse α sich

الآلة نصير قطر الفلكة خمسة امثال قطر المحور فيحتاج
 في هذا ان تكون القوة المحركة لفلكة $\bar{ب}$ المعادلة لثقل
 الف قطار مائتي قطار والقوة المفروضة التي لنا انما
 هي خمسة قناطير فليس يمكننا ان نحرك بفلكة $\bar{ب}$ الثقل
 المفروض بهذه القوة فلنصير محورا ما مضرسا وهو محور $\bar{ج}$ ⁵
 مركبا في اضراس فلكة $\bar{ب}$ لتكون اذا تحرك محور $\bar{ج}$
 تتحرك بحركته فلكة $\bar{ب}$ مع المحور المفروض أولا فيكون
 اذا حرك محور $\bar{ج}$ يتحرك الثقل المفروض ويكون هذا
 المحور يتحرك بالقوة التي تحرك فلكة $\bar{ب}$ لانا قد برهنا
 ان كل المتحركات على مراكز خاصة فانها تتحرك بقوة ¹⁰
 يسيرة فلذلك لا يكون فصل بين حركة الثقل بفلكة $\bar{ب}$
 وبين حركته بمحور $\bar{ج}$ فليكن ايضا على ¹ محور $\bar{ج}$ ² فلكة
 ثابتة عليه وهي فلكة $\bar{د}$ وليكن قطرها مثلا خمسة امثال
 قطر محور $\bar{ج}$ فيحتاج ان تكون القوة التي عند فلكة $\bar{د}$
 المعادلة لثقل اربعين قطارا وايضا نفرض محورا آخر وهو ¹⁵
 محور $\bar{هـ}$ مركبا في ³ هذه الفلكة فتكون القوة المحركة
 التي عند $\bar{هـ}$ ايضا اربعين قطارا ولتكن فلكة ما ثابتة على
 محور $\bar{هـ}$ وهي فلكة $\bar{ز}$ وليكن قطرها ثمانية امثال قطر محور
 $\bar{هـ}$ لان قوة اربعين قطارا ثمانية امثال قوة خمسة قناطير
 فتكون القوة التي عند فلكة $\bar{ز}$ المعادلة لثقل الف قطار ²⁰
 خمسة قناطير وهذا كان مفروضا فلان تقوى القوة على

Seil aufwickelt, im Punkte α an, und sei das darauf-
sitzende Rad bei β . Damit uns die Herstellung des
Werkzeugs leichter falle, machen wir den Durchmesser
des Rades fünfmal so groß als den Durchmesser der
Welle. Hierbei ist es nötig, daß die das Rad β bewegende 5
Kraft, die der Last von tausend Talenten das Gleich-
gewicht hält, zweihundert Talente sei; die angenommene
Kraft, die wir haben, ist aber nur fünf Talente. Wir
können also mit dieser Kraft durch das Rad β die an-
genommene Last nicht bewegen. Machen wir also eine 10
gezahnte Welle, nämlich die Welle γ , die in die Zähne
des Rades β eingreift, damit, wenn die Welle γ sich
bewegt, durch ihre Bewegung das Zahnrad β zugleich
mit der zuerst angenommenen Welle sich in Bewegung
setzt, so daß sich die Last bewegt, wenn die Welle γ 15
sich dreht. Diese Welle läßt sich durch die Kraft, die
das Zahnrad β bewegt, in Bewegung setzen, weil wir
bewiesen haben, daß alle sich um besondere Mittelpunkte
bewegenden Gegenstände sich durch eine kleine Kraft be-
wegen lassen. Daher ist kein Unterschied, ob die Last durch 20
das Zahnrad β , oder durch die Welle γ bewegt wird.
Befinde sich ferner auf der Welle γ ein darauffestsitzendes
Rad, nämlich δ , dessen Durchmesser z. B. das Fünffache
desjenigen der Welle γ ist, so muß die Kraft, die an
dem Rad δ der Last das Gleichgewicht hält, vierzig 25
Talente sein. Nehmen wir ferner noch eine Welle an,
nämlich ϵ , die in dieses Zahnrad eingreift, so wird die
bewegende Kraft bei ϵ ebenfalls vierzig Talente sein. Sei
nun noch ein Zahnrad, das auf der Achse ϵ fest sitzt,
vorhanden, nämlich das Rad ζ , und sei sein Durchmesser 30
das Achtfache des Durchmessers der Achse ϵ , weil die
Kraft von vierzig Talenten das Achtfache der Kraft von
fünf Talenten ist, so wird die Kraft bei ζ , die der Last
von tausend Talenten das Gleichgewicht hält, fünf Talente

1) L om. 2) L om. 3) K على

ممكّن لانا إن صيّرنا قطر المحور نصف ذراع لكى يقوى
ان يتعلّق الحمل عليه احتجنا ان نصير قطر الفلكة مائة
ذراع او اكثر من ذلك قليلا وعمل هذا يصعب¹⁾ وكذلك
يعرض فى المخل وفى الآلة الكثيرة الرفع لانه لا يمكّن ان
نعمل قسمة المخل على هذا* ولا نعمل كثرة البكر على⁵
هذا²⁾ القدر فليحتال الآن فى تسهيل الامتناع الذى
يعرض لهذه الثلاث القوى ○

[٢١] ونقول إنّ الدائرة هى اكثر* الاشكال كلّها
حركة واسهلها كانت الدائرة متحركة على مركز واحد
او كانت متحركة على سطح قائمة عليه وكذلك³⁾ الاشكال¹⁰
القريبة منها اعنى الأكثر والاساطين فان حركتها استدارية
كما قد بينّا فى المقالة التى قبل هذه ○ فهبنا نريد ان
نحوّل أولا ثقلا عظيما بالمحور الداخلى فى الفلكة بقوة
يسيرة ولا يعرض فيه ذلك الامتناع وليكن الثقل الذى
نريد تحريكه الف قنطار مثلا والقوة التى* نريد ان⁴⁾¹⁵
نحرك بها خمسة قناطير فنحتاج أولا ان نصير القوة معادلة
لثقل لأنّ ذلك اذا ظهر امكّن ان نصير تلك القوة تقوى
على الثقل بزيادة ما يسيرة نريدها فى الآلة فليصير المحور
الذى يلتفّ عليه القلس المشدود فى الثقل على علامة*
آ ولتكن الفلكة المركّبة على علامة⁵⁾ ب وليسهل علينا صبعة²⁰

1) CLB صعب 2) K om. 3) L om. 4) B om. 5) B om.

nun der Kreis um einen Mittelpunkt, oder auf einer Ebene, worauf er senkrecht steht, bewegen. Dasselbe gilt von den ihm verwandten Figuren, den Kugeln und den Cylindern; denn ihre Bewegung ist eine drehende, wie wir es in dem vorhergehenden Buche bewiesen haben. 5

Nehmen wir nun an, wir wollten zuerst eine große Last mittels des Rades auf der Welle durch eine kleine Kraft bewegen, ohne daß dabei jenes Hindernis auftritt.

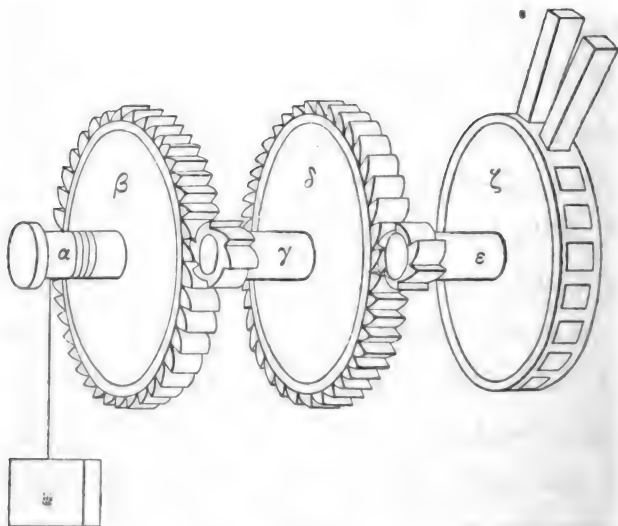


Fig. 35.

Sei die Last, die wir bewegen wollen, tausend Talente, und die Kraft, mit der wir dieselbe bewegen wollen, fünf 10 Talente. Nun müssen wir zuerst die Kraft mit der Last ins Gleichgewicht bringen, weil wir, wenn dies eintritt, imstande sind, jene Kraft das Übergewicht über die Last erlangen zu lassen, indem wir einen kleinen Überschuß an dem Werkzeuge anbringen. Bringen wir nun 15 die Welle, auf welcher sich das an der Last befestigte

ذلك فيما تقدّم من الاشكال التى رسمناها وأنا أرى أنّها
الى مشكلة الميزان اقرب منها الى مشكلة الدوائر لما تقدم
من ان ادأئل برهان الدوائر أنّما خرج لنا بالميزان فانه¹
قد² تبين ان نسبة الثقل المتعلق فى الجهة الصغرى الى
المعلق فى الجهة الكبرى كنسبة الاعظم من جزئى⁵
الميزان الى الاصغر ⊙ وهذه الخمس القوى كلّها قد
يلحقها امتناع ما من الفعل اذا اردنا ان نحرك بها اثقالا
عظاما³ بقوة يسيرة أمّا الثلاث⁴ الاولى فانه يعرض لها ان
نزيد فى عظمها على قدر زيادة الثقل الذى نريد ان
نرفعه اعنى الفلكة التى على المحور والمخل والآلة التى¹⁰
تسمّى كثيرة الرفع فأمّا الاثنتان⁵ الباقيتان اعنى التى
تكون* بالاسفين والتى تكون⁶ باللولب فانه يعرض لها
ان ننقص من عظمها على ذلك القدر ومثال ذلك إن⁷
اردنا ان نحرك ثقلا يكون الف قطار بقوة تعادل خمسة
قنابير واستعملنا هذه الحركة بالمحور الذى عليه فلكة¹⁵
يحتاج ان يكون الخط الخارج من مركز الفلكة الى محيطها
مائتى مرّة مثل الخط⁸ الخارج من مركز المحور الى
محيطه واكثر من ذلك قليلا فان استعملنا ذلك فى المخل
احتجنا ان يكون جزؤه الاعظم الذى ممّا يلى القوة
المحركة للثقل على هذه النسبة او اكثر قليلا واستعمال²⁰
ذلك فى مثل هذه الآلات يصعب او يكاد ان يكون غير

Für all diese fünf Potenzen erhebt sich in der Praxis ein Hindernis, wenn wir durch sie mittels einer kleinen Kraft große Lasten bewegen wollen. Die drei ersten erfordern, daß wir ihre Größe nach der Größe der Last, die wir bewegen wollen, steigern, nämlich das Rad auf 5 der Welle, der Hebel und der Flaschenzug; die beiden übrigen, nämlich diejenigen, die durch den Keil und die Schraube entstehen, erfordern, daß wir ihre Größe in demselben Verhältnisse verringern. Wollen wir z. B. eine Last von tausend Talenten durch eine Kraft, die fünf 10 Talenten entspricht, bewegen, und uns für diese Bewegung des Rades auf der Welle bedienen, so muß die vom Mittelpunkt des Rades nach seiner Peripherie gehende Linie zweihundert mal so groß und noch etwas größer sein als die vom Mittelpunkt der Welle nach ihrer 15 Peripherie gehende. Wenn wir uns aber hierbei des Hebels bedienen, so muß der größere Arm desselben, welcher nach der die Last bewegenden Kraft geht, nach diesem Verhältnisse oder noch etwas größer sein. Ein Verfahren mit Werkzeugen dieser Art ist schwer oder nahezu un- 20 möglich; denn wenn wir den Durchmesser der Welle eine halbe Elle groß machen, damit er stark genug ist um die Last daran aufzuhängen, so müssen wir den Durchmesser des Rades hundert Ellen oder etwas größer machen. Dies zu machen ist aber schwierig. Ebenso 25 gilt es für den Hebel und den Flaschenzug, weil wir die Teilung des Hebels nicht so einrichten können, und die Anzahl der Rollen nicht nach diesem Betrag einrichten. Überlegen wir nun, wie den Hindernissen, die bei diesen drei Maschinen eintreten, abzuhelfen ist. 30

21 Wir behaupten nun, daß der Kreis von allen Figuren die größte und leichteste Beweglichkeit besitzt, mag sich

1) BCL وانه 2) BCL om. 3) K عظمة 4) Codd.
 ثلاثة 5) K الاثنان 6) LC om. 7) BC add. اذا
 8) KL om.

اللولبى شديد الانتصاب وكان عند بطلان تدوير اللولب لا يثبت فانّ العود يكون الذى يحرك اللولب لانه اذا كان فى الموضع غير المحفور¹ من اللولب حبل ما مشدودا وشدّ فى طرف ذلك الحبل ثقل ما وكان الحفر اللولبى شديد الانتصاب فانّا اذا رفعنا العود الذى يقال له⁵ طولس طولس نرفع ايضا الثقل فاذا بطلنا من رفع العود يسكن الثقل ويكون متعلقا² لانّ هذا العود قد يضاد حفر اللولب اذا كان حفرة شبيها بالموازى لضلع الاسطوانة فإن لم يكن على الاسطوانة* حفر لولبى وكان عليها حفر ميراى على احد اضلاع الاسطوانة³ فانّ العود الذى يقال له طولس¹⁰ يكون شديد المضادة لهذا الحفر الميراى واذا كانت الدوائر اللولبية متقاربة ورفعنا الخشبة التى يقال لها طولس فانّا لا نحرك الثقل إلا ان تكون قوّة عظيمة تثقل الطولس فاما اذا كان الثقل معلقا فى الطولس فانه اذا كانت الدوائر اللولبية متقاربة وادرنا اللولب يرتفع¹⁵ الثقل واذا بطلنا من تدوير اللولب يسكن الثقل ويبقى متعلقا واذا كانت الدوائر اللولبية منتصبه فانّا لا نحرك الثقل إلا ان تكون قوّة عظيمة تقهر اللولب فقد قلنا فى طبيعة اللولب وعمله ما يكتفى به ○

[٢٠] اما ان تكون الخمس القوى التى تحرك²⁰

الثقل مشاكلة للدوائر التى على مركز واحد فقد تبين

und am Ende dieses Seiles ein Gewicht angebunden wird, und die Schraubengrube sehr steil ist, wir auch das Gewicht heben, wenn wir das Tylos genannte Holz heben; wenn wir aber aufhören das Holz zu heben, das Gewicht ruht und hängen bleibt; denn dieses Holz stellt sich der 5 Schraubengrube entgegen, wenn diese Grube der Seite des Cylinders nahezu parallel ist. Wenn nun auf dem Cylinder keine Schraubengrube, sondern entlang einer Seite des Cylinders ein Kanal angebracht ist, so ist dieses Tylos genannte Holz ein ganz besonderer Widerstand für 10 diesen Kanal. Sind aber die Schraubengänge sehr nahe an einander, und wir heben das Tylos genannte Holz, so werden wir das Gewicht nicht heben, wenn nicht eine große Kraft den Tylos sich heben macht. Wenn nun die Last an dem Tylos hängt, und wir die Schraube 15 drehen, während die Schraubenwindungen einander sehr nahe sind, so hebt sich die Last, und wenn wir aufhören die Schraube zu drehen, so ruht die Last und bleibt in der Schwebe. Sind aber die Schraubengänge steil, so bewegen wir die Last nicht, ausser wenn wir eine große 20 Kraft haben, die die Schraube bezwingt. Hiermit haben wir über die Natur der Schraube und ihren Gebrauch genügend gesprochen.

- 20 Dafs die fünf Potenzen, die eine Last bewegen, den Kreisen um einen Mittelpunkt ähnlich sind, ist durch die 25 Figuren, die wir im Vorhergehenden entworfen haben, bewiesen; mir aber scheint, dafs sie der Wage mehr ähnlich sehen als den Kreisen, weil im Vorhergehenden die Grundlagen des Beweises für die Kreise sich uns gerade durch die Wage ergaben. Denn es wurde bewiesen, 30 dafs die auf der kleineren Seite aufgehängte Last sich zu der auf der gröfseren Seite aufgehängten verhält, wie der gröfsere Arm der Wage zum kleineren.

1) BCL om. غير K الغير محفور

2) B متعطل

3) B om.

وقد يجب ان يكون هذا الطولس اذا لم يتحرك اللولب هاديا ثابتا في موضعه بقوة ما تكون له ولا يكون عند هدوء اللولب من التدوير يقوى الثقل عليه اعنى ان يكون اذا ركب هذا العود في الحفر اللولبى وكان شبيها بالسند له ان لا يزلق من الحفر اللولبى لانه ان زلق اذحط^٥ جميع الثقل الى الموضع الذى منه شيل وهذا العود لا يزلق من الحفر اللولبى اذا كان طرف العود مهندما على الحفر وكان الحفر^١ شبيها بالمسماة له^٢ فلذلك نحتاج ان نصير دوائر اللولب متقاربة لتكون شبيهة بالموازاة لقاعدة الاسطوانة التى اللولب مرسوم عليها فان الدوائر^{١٠} اذا كانت على هذا كانت شبيهة بالمسماة للعود الذى يقل الثقل فاما ان كانت الدوائر اللولبية التى فى الحفر اللولبى شديدة الانصباب حتى تكون شبيهة بالموازاة لضلع الاسطوانة فان العود الذى يقال له طولس اذا تعلّق عليه حمل ثقيل او أثقلته قوة عظيمة فانه يرد^{١٥} تدوير اللولب ويصير يدور^٣ تدويرا ضد ذلك التدوير^٤ الاول فمن هاهنا* يظهر لنا ان اللولب قد يمكنه ان يحرك العود الذى يقال له طولس وقد يمكنه ان يتحرك بهذا العود ايضا فهو يحرك العود اذا كان^٥ حفرة اللولبى متقارب الدوائر واذا كان عند بطلان تدوير اللولب يثبت^٦ 20 فى مكانه ويبقى الحمل معلقا عليه واما اذا كان الحفر

die Last in gerader Richtung. Dieser Tylos muß, wenn sich die Schraube nicht bewegt, ruhig und fest an seiner Stelle bleiben durch irgend eine an ihm wirkende Kraft, damit nicht die Last, wenn die Schraube sich zu drehen aufhört, das Übergewicht darüber erlangt, d. h. wenn 5 dieses Holz in die Schraubengrube eingreift, und wie eine Stütze für dieselbe ist, darf es nicht aus der Schraubengrube herausgleiten, weil, wenn es herausgleitet, die ganze Last sich nach der Stelle senkt, von woher sie gehoben wurde. Dieses Holz gleitet nicht aus der Schraubengrube 10 heraus, wenn das Ende desselben genau in die Grube paßt, und die Grube einem Stiefel für es ähnlich ist. Daher müssen wir die Schraubengänge nahe an einander legen, damit sie nahezu parallel der Grundfläche des Cylinders werden, auf welchem die Schraube konstruiert ist. Wenn 15 die Windungen so angelegt sind, so sind sie einem Stiefel für das Holz, welches die Last hebt, ähnlich. Wenn aber die Schraubengänge in den Schraubengruben sehr steil sind, so daß sie fast der Seite des Cylinders parallel sind, so hält das Tylos genannte Holz, wenn man an ihm eine schwere 20 Last aufhängt, oder eine große Kraft es drückt, die Drehung der Schraube auf, und bewirkt eine der ersten entgegengesetzten Drehung. Hieraus erhellt, daß die Schraube sowohl das Tylos genannte Holz in Bewegung setzen, als auch durch dieses Holz in Bewegung gesetzt 25 werden kann; sie wird das Holz bewegen, wenn die Schraubengrube aus einander nahe gelegenen Windungen besteht; wenn die Schraube aufhört sich zu drehen, bleibt dasselbe an seinem Platze stehen, und die Last bleibt an demselben hängen. Wenn dagegen die Schraubengruben 30 sehr steil sind, und der Tylos beim Aufhören der Schraubendrehung nicht feststeht, so ist es dieses Holz, welches die Schraube bewegt, weil, wenn an dem nicht mit einer Grube versehenen Ort der Schraube ein Seil befestigt

1) LC om. 2) LK om. 3) B om. 4) LCK om.
5) B om. 6) Codd. ثبت

الذى دوائره أكثر انتصابا يحرك الثقل بقوة اعظم والذى يكون أكثر انخفاضا يحرك الثقل بقوة اقل ٥

[١٨] فاما أنه اذا كانت فلكة ذات اوتاد مركبة فى حفر اللولب فانه ^(١) بدورة واحدة يدورها اللولب يحرك من الفلكة وقد اواحدا فاما نبين ذلك بهذه الجهة ٥ ^(٢) فتوهم لولبا يكون لولب اب ولتكن الدوائر اللولبية التى فيه ا ج د ه زح ولتكن هذه الدوائر اللولبية كل واحدة منها دائرة واحدة ولنفرض فلكة موضوعة ذات اوتاد تكون ح ه ط ولتكن اوتادها ج ج ه ط ولتكن مركبة فى الدوائر اللولبية وليكن وتد ج ه مركبا فى دائرة لولبية تركيبا ¹⁰ مستقصا فتكون الاوتاد الاخر غير مركبة فى الدوائر اللولبية الاخر فان ادنا اللولب حتى تندفع علامة ه الى ما يلى ^(٣) ج نصيرة عند ج فاذا دار اللولب دورة واحدة وصار وتد ج ه فى موضع وتد ج ه وتند ه ط فى موضع وتد ج ه ^(٤) وتند ه ط ايضا فى موضع وتد ج ه فانه ^(١) فى دورة واحدة ¹⁵ يدورها اللولب يدور البعد الذى للوتد كله وكذلك ينبغى ان نتوهم فى الاوتاد الاخر فيكون على قدر ما فى الفلكة من الاوتاد بذلك القدر يدور اللولب من الدورات الى ان تدور الفلكة دورة واحدة ٥

[١٩] فاللولب اذا دار يحرك الحمشبة التى تسمى ²⁰ طولس على ما تقدم فى قولنا ويشيل الثقل على استقامة

- 18 Wenn nun ein Rad mit Zähnen in die Grube einer Schraube eingreift, so bewegt die Schraube bei einer Umdrehung, die sie macht, einen Zahn des Rades weiter. Dies zeigen wir jetzt auf folgende Weise.

Denken wir uns eine Schraube, es sei die Schraube $\alpha\beta$, und seien ihre Schraubengänge $\alpha\theta$, $\delta\epsilon$, $\zeta\gamma$, und sei jede einzelne dieser Windungen einfach. Denken wir uns

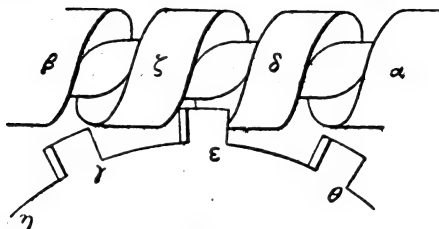


Fig. 34.

nun ein Rad mit Zähnen daran gelegt, nämlich $\eta\gamma\epsilon\theta$, und seien seine Zähne $\eta\gamma$, $\gamma\epsilon$, $\epsilon\theta$ zum Eingreifen in die Schraubengänge passend. Es greife der Zahn $\gamma\epsilon$ in einen Schraubengang vollständig ein, so werden die übrigen Zähne nicht in die anderen Schraubengänge eingreifen. Wenn wir nun die Schraube drehen, bis der Punkt ϵ nach der Lage von γ gebracht wird, so fällt ϵ auf γ . Wenn also die Schraube eine Umdrehung macht, und der Zahn $\gamma\epsilon$ an die Stelle des Zahnes $\gamma\eta$, der Zahn $\epsilon\theta$ an die Stelle des Zahnes $\gamma\epsilon$ kommt, und der Zahn $\epsilon\theta$ nun die Stelle von $\gamma\epsilon$ einnimmt, so verschiebt sich bei einer Umdrehung, die die Schraube macht, der ganze Raum des Zahnes. Ebenso müssen wir uns den Vorgang bei den übrigen Zähnen denken. Soviel Zähne also an dem Rade sind, so viele Umdrehungen macht die Schraube, bis das Rad eine Umdrehung gemacht hat.

- 19 Wenn sich die Schraube dreht, so bewegt sie das Tylos genannte Holz, nach dem Frühergesagten, und hebt

1) Codd. فان 2) K add. ثم 3) K add. علامة 4) BCL om.

ومن اجل انا¹ عند استعمالنا اللولب احتجنا ان نضع في الحفر الاول الذى للدائرة اللولبية الخشبية التى تسمى طولس وهى التى تنقل الثقل فانه² عند تدوير اللولب يرتفع هذا العود ويرتفع بارتفاعه الثقيل ○

[١٧] فينبغى ان لا نتوهم اللولب الا اسفينا ملتقا⁵

لان المثلث الذى يرسم الدائرة اللولبية هو فى هيئة الاسفين ورأسه هو الضلع الذى هو بعد الدائرة اللولبية وزاوية الاسفين الحادة هى زاوية المثلث الباقية التى يكون عندها العود المسمى طولس فلهذا صار اللولب اسفينا ملتويا ملتقا بفعل بلا³ ضربة لكن باستدارته وتدويره¹⁰ يقوم فيه⁴ مقام الضرب* فى الاسفين⁵ فيقل الثقل واقله الحمل هو بضد الفعل الذى يفعله الاسفين لان الاسفين انما يفعل بنفوذه الى داخل فهو يحرك الثقل والثقل ثابت فى مكانه واما اللولب فانه اسفين ملتو وهو ثابتا⁶ فى مكانه يقل⁷ الثقل اليه وكما انه قد تبين فى الاسفين أن¹⁵ الذى تكون زاويته اصغر يحرك الثقل بقوة اقل من القوة التى تحرك الثقل بالاسفين الذى زاويته اعظم كذلك يلزم ان نقول فى هذا إن⁸ اللولب الذى الابعاد التى بين دوائره اللولبية اقل فان⁹ حركته للثقل اكثر سهولة من حركة اللولب الذى تكون الابعاد التى بين دوائره²⁰ اللولبية اكثر لان قلة البعد تصير الروايا اصغر فيكون اللولب

windung das Tylos genannte Holz zu legen, und es dasjenige ist, welches die Last hebt, so hebt sich dieses Holz beim Umdrehen der Schraube, und mit ihm hebt sich die Last.

- 17 Wir müssen uns aber die Schraube nur als gewundenen 5
Keil vorstellen, weil das Dreieck, welches die Schraubenwindung bestimmt, die Gestalt des Keiles hat; der Kopf desselben ist die Seite, welche die Höhe der Schraubenwindung darstellt, und der spitze Winkel des Keiles ist der übrige Winkel des Dreiecks, bei welchem sich das 10
Tylos genannte Holz befindet. Deshalb ist die Schraube ein gewundener, aufgerollter Keil, der nicht durch Schlagen wirkt, sondern durch seine Drehung. Das Umdrehen vertritt bei ihm die Stelle des Schlagens beim Keile, sodafs er die Last hebt. Indem er die Last hebt, wirkt er gegen- 15
sätzlich zur Wirkung des Keils, weil der Keil nur wirkt, indem er ins Innere eindringt, und so die Last bewegt, während die Last an ihrer Stelle bleibt; die Schraube aber ist ein gewundener Keil, der die Last zu sich hebt, indem er an seiner Stelle verweilt. 20

Wie es bei dem Keile bewiesen wurde, dafs derjenige mit kleinerem Winkel die Last mittels einer geringeren Kraft bewegt, als diejenige ist, die die Last mittels eines Keiles mit gröfserem Winkel bewegt, ebenso müssen wir bei derjenigen Schraube, bei welcher die Abstände zwischen 25
den Schraubenwindungen kleiner sind, sagen, dafs sie die Last leichter bewegt, als die Schraube, deren Abstände zwischen den Windungen gröfser sind, weil der geringere Abstand einen kleineren Winkel bewirkt. Daher bewegt die Schraube, deren Windungen steiler sind, die Last 30
mittels einer gröfseren Kraft, während die flache Schraube die Last mittels einer kleineren Kraft bewegt.

1) Codd. ان 2) Codd: وان 3) LCK om. 4) K om.

5) LCK om. 6) Codd. ثابت 7) Codd. نعل 8) LK om.

9) LK om.

اردنا ان نرسم لولبا نأخذ عودا صلبا قويا يكون طوله على
 القدر الذى نريد وليكن ما نريد ان نلوبة منه مخروطا
 وليكن غلظه متناسوى الاجزاء ليكون بسيطة اسطوانة*
 ونرسم على بسيطها ضلع اسطوانة⁽¹⁾ ونقسم هذا الضلع باجراء
 متساوية تكون على قدر عرض الدائرة اللولبية ونفرض على 5
 سطح خطين مستقيمين احدهما قائم على الآخر ولنصير احدهما
 الخطين* مساويا لمحيط الاسطوانة والاخر على قدر عرض
 موضع الدائرة اللولبية ولنصل طرفي الخطين⁽²⁾ بخط
 يوتر الزاوية القائمة ونعمل مثلثا من صغر رقيق مساويا
 لهذا المثلث وليكن فى رقبته على القدر الذى يمكننا 10
 تعويجه كيف اردنا فاذا فعلنا ذلك ركبنا الضلع المساوى
 لعرض موضع الدائرة اللولبية على اول الابعاد المتساوية
 التى قسمناها من ضلع الاسطوانة ثم نلف المثلث الصغر
 الرقيق على الخشبة الاسطوانية فنصير الزاوية الحادة
 الباقية من المثلث الى الزاوية القائمة من الشكل الصغر 15
 لان قاعدة المثلث مساوية لمحيط الاسطوانة ثم نلوف⁽³⁾
 كلتى الزاويتين ونرسم الدائرة اللولبية على وتر الزاوية
 القائمة⁽⁴⁾ ثم ندير المثلث الى البعد الثانى ونركب ضلع
 المثلث الرقيق على القسم الثانى وبمثل ذلك العمل الاول
 ايضا نرسم الدائرة اللولبية الثانية ملاصقة للدائرة الاولى 20
 وكذلك نفعل حتى نرسم جميع ابعاد الخشبة الاسطوانية

Wir sagen also: Wenn wir eine Schraube konstruieren wollen, so nehmen wir ein starkes hartes Holz von der unseren Absichten entsprechenden Länge; der Teil, den wir zur Schraube machen wollen, sei gedrechselt und seine Dichte sei gleichmäßig in allen Teilen, sodafs seine Oberfläche 5 ein Cylinder ist, und ziehen wir auf seiner Oberfläche eine Seite des Cylinders. Teilen wir nun diese Seite in gleiche Teile, entsprechend der Höhe des Schraubenganges, und nehmen wir in einer Ebene zwei gerade Linien an, deren eine senkrecht auf der anderen steht, machen die eine 10 derselben gleich dem Umfang des Cylinders, die andre gemäß der Höhe des Schraubenganges, verbinden die beiden Endpunkte der beiden Linien durch eine dem rechten Winkel gegenüberliegende Linie und machen aus dünnem Messing ein diesem Dreieck gleiches (kongruentes) Dreieck, von 15 solcher Düntheit, dafs wir es biegen können, wie wir wollen. Nachdem dies gethan, legen wir die Seite, welche der Höhe des Schraubenganges gleich ist, auf den ersten der gleichen Abstände, die wir auf der Seite des Cylinders abgeteilt haben, dann winden wir das dünne messingene 20 Dreieck um das cylindrische Holz und lassen den übrigen spitzen Winkel des Dreiecks nach dem rechten Winkel der messingenen Figur gelangen, weil die Grundlinie des Dreiecks gleich dem Umfang des Cylinders ist. Dann heften wir die beiden Winkel zusammen, und ziehen die 25 Schraubenwindung gemäß der dem rechten Winkel gegenüberliegenden Linie. Darauf drehen wir das Dreieck nach dem zweiten Abstand und legen die Höhe des dünnen Dreiecks auf den zweiten Abstand. Im gleichen Verfahren wie zuerst ziehen wir auch die zweite Schraubenwindung 30 in unmittelbarem Zusammenhang mit der ersten. Ebenso verfahren wir, bis wir alle Abstände des cylindrischen Holzes gezeichnet haben. Weil wir aber beim Gebrauch der Schraube nötig hatten, in die erste Vertiefung der Schrauben-

1) LCK om. 2) B om. 3) B ناصف 4) B om.

راسه $\overline{ر د}$ من جميع الاسفين وكذلك ايضا قدر الزمان
 الذى يتحرك فيه الاسفين الذى راسه $\overline{ح ط}$ $\overline{ر د}$ وقدر
 حركة البعد الذى يحركه الاسفين كله بضربة $\overline{ب ج}$ ونسبة
 ذلك ايضا كنسبة ضربة $\overline{ب ه}$ الى الضربة كلها وعلى وجه آخر
 ايضا لا نصيب اختلافا بين حركة ضربة $\overline{ب ج}$ رأس $\overline{د م}$ اعنى ⁵
 الاسفين كله وبين حركة كل واحدة من ضربات $\overline{ب ه ه ح}$
 $\overline{ح ط ط ج}$ كل واحد من الاسفينات التى روسها $\overline{م ف ف ق}$
 $\overline{ق ر ر د}$ لان الضربات الجزئية تساوى الضربة الكلية فضربة
 $\overline{ب ه}$ تنفذ من الاسفين الذى راسه $\overline{م ف}$ بقدر ما ينفذه كل
 الضربة من كل الاسفين وكل ضربة من الضربات الباقية ¹⁰
 كل واحد من الاسفين الباقية فان كان المدفوع اسفينا
 واحدا من الاسافين الصغار اذا ضرب ضربا كثيرا ودفع فانه
 يدفع القدر الذى يدفعه كل الاسفين بكلية الضربة
 الواحدة وذلك بحركة هذا القدر من الضربات اعنى بقدر
 ضربات $\overline{ب ه ه ح ح ط ط ج}$ وعلى هذا تكون نسبة الزمان ¹⁵
 الى الزمان كنسبة الضربة* الى الضربة ¹ ورأس الاسفين كله
 الى رأس احد الاسافين الصغار فبالقدر الذى به تكون
 زاوية الاسفين اصغر بذلك القدر ينفذ الاسفين بقوة اصغر
 من القوة التى تنفذ الاسفين كله ⑤

[١٩] وقد بقى بعد هذا ان نشرح السبب فى اللولب ²⁰
 فليبدأ أولاً بوضع ما يعرض للدوائر اللولبية فنقول إنا اذا

Kopf $\delta\rho$ ist, eine der Linie $\kappa\sigma$ gleiche Entfernung zurückgelegt wird, nämlich der Abstand $\delta\rho$ um die Entfernung $\alpha\delta$; folglich bewegt sich $\rho\delta$ durch den Schlag $\beta\varepsilon$ um $\alpha\delta$.

Hieraus erhellt, daß der Betrag des Schlages $\beta\varepsilon$ von $\beta\gamma$ dem Keile entspricht, dessen Kopf $\delta\rho$ ist, von dem ⁵ ganzen Keil. Ebenso verhält es sich mit der Zeit, innerhalb welcher der Keil, dessen Kopf $\delta\rho$ ist, sich bewegt, und mit dem Betrag der Entfernung, die der ganze Keil durch den Schlag $\beta\gamma$ zurücklegt, und dies Verhältniß ist dasselbe, wie das des Schlages $\beta\varepsilon$ zum ganzen Schlage. ¹⁰

Auch unter einem andern Gesichtspunkt finden wir keinen Unterschied zwischen der Bewegung des Schlages $\beta\gamma$ auf $\delta\mu$, d. i. auf den ganzen Keil, und zwischen der Bewegung jedes einzelnen der Schläge $\beta\varepsilon$, $\varepsilon\eta$, $\eta\vartheta$, $\vartheta\gamma$, auf jeden einzelnen von den Keilen, deren Köpfe $\mu\pi$, $\pi\chi$, $\chi\rho$, ¹⁵ $\rho\delta$ sind, weil die Teilschläge dem ganzen Schlage gleichkommen. Also treibt der Schlag $\beta\varepsilon$ den Keil mit dem Kopfe $\mu\pi$ soweit ein, als der ganze Schlag den ganzen Keil eintreibt, und jeder einzelne von den übrigen Schlägen jeden einzelnen der übrigen Keile. ²⁰

Wenn der einzutreibende Keil einer der kleinen Keile ist und durch einen heftigen Schlag eingetrieben wird, so wird er um soviel eingetrieben, als der ganze Keil durch die Gesamtheit der Schläge. Dies tritt ein durch ²⁵ den Betrag der Schläge $\beta\varepsilon$, $\varepsilon\eta$, $\eta\vartheta$, $\vartheta\gamma$; demgemäß ist das Verhältniß der Zeit zur Zeit, wie das des Schlages zum Schlage, und das des ganzen Keilkopfes zum Kopfe des einzelnen kleinen Keils. Je kleiner nun der Winkel des Keiles wird, desto geringer kann auch die Kraft sein ³⁰ im Verhältniß zu der Kraft, die den ganzen Keil eintreibt.

¹⁶ Es bleibt hiernach noch übrig die wirkende Ursache bei der Schraube darzulegen. Beginnen wir zunächst damit, das auseinanderzusetzen, was sich bei Schraubenwindungen zeigt. ³⁵

1) B om.

ضربة $\overline{بج}$ تتحرك بعد $\overline{اد}$ فان $\overline{هـج}$ تتحرك بعد $\overline{اقل}$ من $\overline{اد}$
فلتتحرك بعد $\overline{از}$ وايضا اذا زيدت ضربة $\overline{به}$ فان كان بعد
 $\overline{اد}$ يتحرك بضربة $\overline{بج}$ فاذا ضربة $\overline{به}$ في ذات نفسها تتحرك
بعد $\overline{دز}$ فان توهمنا ضربة $\overline{بج}$ مقسومة بضربات مساوية
لـ $\overline{به}$ ⁽¹⁾ وهي $\overline{به هـج ح ط طج}$ فان بعد $\overline{اد}$ ينقسم باقسام ⁵
مساوية لـ $\overline{دز}$ ⁽²⁾ وهي $\overline{ال لال لزل}$ لـ $\overline{ز د}$ فتكون كل واحدة من
ضربات $\overline{به هـج ح ط طج}$ تتحرك كل واحد من ابعاد
 $\overline{دز زل لال لال}$ فلنتوهم خطوطا موازية لخط $\overline{دم}$ الذى
هو راس الاسفين وهي خطوط $\overline{زن لس لسع}$ وخطوطا ايضا
موازية لخط $\overline{اد}$ وهي خطوط $\overline{فان ق س رع}$ فتكون ¹⁰
خطوط $\overline{در رق قف فم}$ متساوية فان وصلنا علامات
 $\overline{ف ق ر}$ بعلامة $\overline{ا*}$ نحصل ⁽³⁾ اربعة اسفينات ⁽⁴⁾ تكون زواياها
عند علامة $\overline{ا}$ ⁽⁵⁾ وتكون رؤسها خطوط $\overline{م ف ف ق ق ر رد}$
ويكون كل واحد منها يتحرك بضربة مساوية لضربة $\overline{به}$
بعدا مساويا لخط $\overline{اد}$ فسواء ان يقال ان ضربة $\overline{به}$ تنفذ ¹⁵
من ⁽⁶⁾ الاسفين كله بعد* $\overline{دز}$ اعنى بعد $\overline{لا}$ وان ضربة $\overline{به}$
تنفذ الاسفين الذى رأسه $\overline{رد}$ ببعد ⁽⁷⁾ $\overline{اد}$ لان بحركة كل
الاسفين يتحرك خط $\overline{لح}$ ببعد $\overline{ال}$ وبحركة الاسفين الذى
رأسه $\overline{در*}$ يتحرك البعد المساوى لخط $\overline{لح}$ وهو بعد $\overline{رد}$
يبعد $\overline{اد}$ فاذا $\overline{رد}$ يتحرك بضربة $\overline{به}$ بعد $\overline{اد}$ ومن هاهنا ²⁰
ظهر لنا أن قدر ضربة $\overline{به}$ من $\overline{بج}$ هو قدر الاسفين الذى

Entfernung (von der ursprünglichen Stelle) sei $\alpha\delta$. Es sei nun möglich ihn mit einem geringen Schlage zu bewegen. Nehmen wir von dem Schlag $\beta\gamma$ einen Schlag, etwa $\beta\varepsilon$, der der kleinste von allen bekannten Schlägen ist, so behaupte ich, daß der Schlag $\beta\varepsilon$ für sich allein ⁵ einen Teil des Keils bewegt.

Beweis: Da der Schlag $\beta\gamma$ die Bewegung der Entfernung $\alpha\delta$ hervorbringt, so bewirkt $\varepsilon\gamma$ eine kleinere Bewegung als die Entfernung $\alpha\delta$; es bewirke die Entfernung $\alpha\xi$. Wird ferner der Schlag $\beta\varepsilon$ hinzugefügt, und wird ¹⁰ die Entfernung $\alpha\delta$ durch den Schlag $\beta\gamma$ bewirkt, so bewirkt der Schlag $\beta\varepsilon$ für sich allein die Entfernung $\delta\xi$. Denken wir uns nun den Schlag $\beta\gamma$ in $\beta\varepsilon$ gleiche Schläge geteilt, nämlich in $\beta\varepsilon$, $\varepsilon\eta$, $\eta\theta$, $\theta\gamma$, so wird die Entfernung $\alpha\delta$ in $\delta\xi$ gleiche Teile geteilt, nämlich $\alpha\kappa$, $\kappa\lambda$, $\lambda\xi$, $\xi\delta$, ¹⁵ und so bewirkt jeder der Schläge $\beta\varepsilon$, $\varepsilon\eta$, $\eta\theta$, $\theta\gamma$, je eine von den Entfernungen $\delta\xi$, $\xi\lambda$, $\lambda\kappa$, $\kappa\alpha$. Denken wir uns nun zum Kopf des Keiles, zur Linie $\delta\mu$ parallele Linien, nämlich $\xi\nu$, $\lambda\sigma$, $\kappa\omicron$; ebenso zur Linie $\alpha\delta$ parallele, näm- ²⁰ $\pi\nu$, $\chi\sigma$, $\rho\omicron$, so werden die Linien $\delta\varrho$, $\varrho\chi$, $\chi\pi$, $\pi\mu$ ein- ander gleich sein. Verbinden wir nun die Punkte π , χ , ϱ mit dem Punkte α , so entstehen vier Keile, deren Spitzen bei dem Punkte α und deren Köpfe die Linien $\mu\pi$, $\pi\chi$, $\chi\varrho$ und $\varrho\delta$ sind. Jeder von ihnen wird durch einen dem Schlage $\beta\varepsilon$ gleichen Schlag um eine der Linie $\alpha\delta$ gleiche ²⁵ Entfernung bewegt, und es ist also gleich, ob man sagt, der Schlag $\beta\varepsilon$ läßt den ganzen Keil um die Entfernung $\delta\xi = \kappa\alpha$ eindringen, oder der Schlag $\beta\varepsilon$ läßt den Keil, dessen Kopf die Linie $\varrho\delta$ ist, um die Linie $\alpha\delta$ eindringen, weil sich bei Eindringen des ganzen Keils die Linie $\omicron\kappa$ ³⁰ um $\alpha\kappa$ verschiebt, und bei Eindringen des Keils, dessen

1) Codd. $\overline{\text{ب}}\ \bar{\varepsilon}$ 2) Codd. $\overline{\text{د}}$ 3) $\overline{\text{K}}$ يكون عند زاوية $\overline{\text{أ}}$

4) CL مثلثات 5) K om. يكون, $\overline{\text{أ}}$ — B pro تحصل hbt.:

تكون عند زاوية $\overline{\text{أ}}$ أربع اسفينات 6) B في 7) B om.

[١٤] أمّا الاسفين فان الضربة تحركه فى زمان ما لآته
لا تكون حركة بلا زمان وهذه الضربة أنّما تفعل بالماسّة
فقط التى لا تثبت على الاسفين ولا اقلّ زمان فيظهر لنا من
ها هنا أنّه^١ بعد ان تفارق الضربة الاسفين يتحرك وقد نعلم
ذلك ايضا من جهة اخرى إنّّه بعد الضربة برمان ما تكون^٥
من الاسفين وحيات وقلع من قلعة على حدّته فأمّا ان
تكون الضربة وان كانت لا نقيم على الاسفين ولا اقلّ زمان
تفعل فيه فان ذلك ظاهر لنا من الحجارة التى يرمى بها
والسهام كان رميها من يد فقط او من آلة اخرى لآته بعد
ان يفارق الحاجر اليد نراه ينفذ الى موضع بعيد بقوة بلا^{١٠}
ان تكون اليد تدفعه فمن ها هنا يظهر لنا أنّ الضربة لا نقيم
على الاسفين ولا اقلّ زمان ولكن الاسفين بعد الضربة يأخذ
بحركة ٥

[١٥] فاقول انّ كل ضربة وان كانت يسيرة فانها
تحرك كل اسفين فلنفرض اسفينا ما يكون زاويته على علامة^{١٥}
آ ويكون راسه خطّ دم ولتكن تحركه ضربة بـج وليكن
بعده اد وليكن يمكن ان يحرك بضربة يسيرة ولنفصل من
ضربة بـج ضربة تكون ضربة به^٢ وهى اقلّ من جميع
الضربات المعلومة فاقول إنّ ضربة به هى فى ذات نفسها
تدفع جزءا ما من الاسفين برهان ذلك من اجل ان^{٢٠}

وهى آ K add. 2) ان Codd. 1)

- 14 Was nun den Keil anlangt, so bewegt ihn der Schlag in einer gewissen Zeit, weil es keine Bewegung ohne Zeit giebt; dieser Schlag wirkt nur durch die Berührung, die nicht am Keile, auch nicht die geringste Zeit haftet. Hieraus ist also zu ersehen, daß der Keil sich bewegt, nach- 5 dem der Schlag aufhört. Wir erkennen dies auch auf andre Weise. Eine gewisse Zeit nach dem Schlage kommen von dem Keil Geräusche und Berstungen von dem Bersten an seiner Spitze. Daß aber der Schlag, auch wenn er nicht, selbst nicht die geringste Zeit, auf dem Keile fest- 10 sitzt, bei ihm wirkt, ersieht man an Steinen, mit denen man wirft oder an Pfeilen, mögen sie nun mit der Hand allein oder durch sonst ein Werkzeug geschleudert werden. Denn wenn der Stein die Hand verlassen hat, sieht man ihn mit Macht nach einem Orte fliegen, ohne daß die 15 Hand ihn noch weiter stößt. Daraus ersehen wir, daß der Schlag auch nicht die geringste Zeit auf dem Keile verweilt, daß der Keil aber nach dem Schlage sich zu bewegen beginnt.
- 15 Ich behaupte nun, daß jeder Schlag, auch wenn er 20 nur leicht ist, jeden Keil bewegt. Nehmen wir irgend

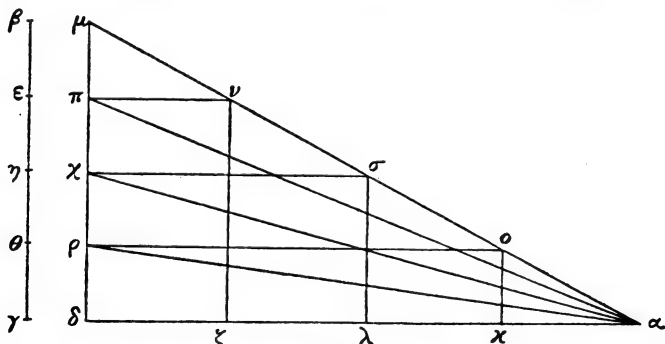


Fig. 33.

einen Keil an, dessen Winkel bei α ist, und sein Kopf sei die Linie $\delta\mu$. Der Schlag $\beta\gamma$ bewege ihn, und seine

لان القوة في هذا تكون معادلة للثقل المساوى لها ولنتوهم
ايضا ثقلا اخر على علامة ز ولنربط عليه بكرة وهى بكرة ح
وندخل فى هذه البكرة قلسا ونشد طرفيه فى عارضة
ثابتة حتى يتعلق ثقل ز فيكون كل واحد من جزئى
الحبل الممدودين يقل نصف الثقل فان حل¹ احد طرف⁵
القلس المشدود على علامة ك وقام² هو هناك يمسك
القلس فانه يكون يحمل نصف ذلك الثقل فيكون جميع
الثقل ضعف القوة التى تضبطه فيظهر من هاهنا ان قوة
اخرى من العارضة الثابتة فى طرف الحبل المشدود
معادلة للقوة الماسكة للطرف الآخر تحتبذ الثقل ايضا¹⁰
فلذلك باستحقاق سميت هذه البكرة ذا رفعين فاذا
القلس المثنى المقسوم بقسمين ممدودين قد³ يمكن
ان يسمى ذا رفع واحد وذا رفعين ومن هاهنا ظهر لنا انه
ينبغى ان يكون طرف القلس الآخر مرتبطا فى عارضة ثابتة لا
فى الثقل الموضوع للرفع لأن قوة ما من ذلك الركن¹⁵
الثابت تعادل القوة المحركة وتعيدها على حركة الثقل فقد
ظهر⁴ انه اذا كان طرف القلس الواحد مرتبطا فى الحمل فان
الحمل يعادل قوة مساوية له واذا كان طرفه الاخر مرتبطا فى
عارضة ثابتة فان القوة تعادل ضعفها من الثقل* فيتحرك
الثقل⁵ بقوة اقل من القوة التى كانت تحركه أولا

1) B رجل 2) Codd. قام 3) Codd. وقد 4) B يظهر 5) B om.

einfachen Zug, weil die Kraft hierbei dem ihr gleichen Gewicht das Gleichgewicht hält.

Denken wir uns nun eine andre Last bei ζ und befestigen wir daran die Rolle η , ziehen über diese Rolle ein Seil und binden seine beiden Enden an einen festen Querbalken, sodaß die Last ζ schwebt, so hebt jeder von den beiden gespannten Teilen des Seiles das Gewicht der Hälfte der Last. Wenn

nun jemand das eine bei κ angebundene Ende des Seiles löst und selbst dort stehen bleibt und das Seil festhält, so trägt er die Hälfte der Last, und die ganze Last ist das Doppelte von der Kraft, die sie festhält. Daraus erhellt, daß von der festen Stütze am angebundenen Ende des Seiles aus eine andre Kraft, die der das andre Ende

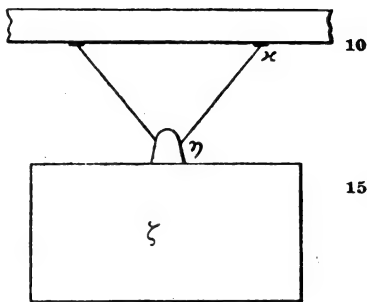


Fig. 32.

des Seiles haltenden äquivalent ist, die Last ebenfalls zieht. Deshalb nennt man mit Recht diese Rolle einen doppelten Zug. Folglich kann man das gefaltete und in zwei Teile geteilte und angespannte Seil einfachen und doppelten Zug nennen.

Daher ist nun klar, daß das andre Ende des Seiles an einem festen Querbalken und nicht an der zum Heben gegebenen Last befestigt sein muß, weil eine gewisse Kraft von jener festen Stütze aus der bewegendenden Kraft das Gleichgewicht hält, und ihr beim Bewegen der Last hilft. Es ergibt sich also, daß die Last einer ihr gleichen Kraft das Gleichgewicht hält, wenn das eine Ende des Seiles an der Last angebunden ist; wenn aber das andre Ende an einer festen Querstütze angebracht ist, so hält die Kraft einer doppelt so großen Last das Gleichgewicht, und die Last läßt sich durch eine geringere Kraft als beim ersten Male bewegen.

القلوس التي تحركها القوة المحركة فيكون ذلك مثلنا¹⁾
 إن كان الثقل خمسين قنطارا وكانت القوة المحركة خمسة
 قناطير يحتاج أن تكون القلوس الممدودة التي تحمل
 الثقل عشرة أمثال القلوس التي تمدّها قوة خمسة
 قناطير لتكون القلوس الممدودة التي تحمل الثقل⁵
 عشرة والقلوس الذي عند القوة المحركة واحد فان
 كانت القلوس التي تحمل الثقل عشرين قلسا كانت
 القلوس²⁾ التي عند القوة المحركة قلسين فعلى هذا تعادل
 القوة الثقل فان اردنا أن تقوى القوة على الثقل إمّا أن
 نزيد في القوة وإمّا أن نزيد في القلوس التي تحمل¹⁰
 الثقل فقد بين برهان البكر التي تسمى الكثيرة الرفع ومن
 هنالك ظهر لنا أنه ممكن أن يحرك الثقل المعلوم بالقوة
 المعلومة ٥

[١٣] وقد يعرض في عمل ما أن يسمى القلوس الممتلى
 الممدود مديتين فقط مرة ذاً³⁾ رفع واحد ومرة ذاً⁴⁾ رفعين¹⁵
 على قدر القوة التي نستعملها فيه ومثال ذلك أن نفرض،
 بكرة على علامة أعليها حبل وليكن جزء الحبل الممدودان
 على علامتي باج وليكن باج مرتبطتين بثقل ما وهو ثقل
 هـ فان قسمنا هذا الثقل بنصفين يكون الجزءان اللذان
 في الجهتين متعادلين وتسمى هذه البكرة ذاً رفع واحد²⁰

1) BC مثلا K مثلنا L s.p. 2) LK القوي 3) Codd. ذو

welches zieht, wie die Last zur (Gegen-)Last. Überhaupt muß bei all diesen Lasten das Verhältniß der bekannten Last zu der sie bewegenden Kraft sein wie das Verhältniß der gespannten Seile, die die Last heben, zu den Seilen, welche die bewegende Kraft bewegt. Wenn z. B. die Last fünfzig Talente ist, und die bewegende Kraft fünf, so müssen die angespannten Seile, die die Last tragen, zehn mal so viel sein als die Seile, an welchen die Kraft von fünf Talenten zieht, so daß die angespannten Seile, die die Last tragen, zehn sind, während das Seil an der bewegenden Kraft eins ist. Sind aber die Seile, die die Last tragen zwanzig, so sind die Seile an der bewegenden Kraft zwei. Unter diesen Bedingungen hält die Kraft der Last das Gleichgewicht. Soll aber die Kraft die Last aufwiegen, so vermehren wir entweder die Kraft oder die Seile, die die Last tragen. So ist also der Beweis für die Flaschenzug genannten Rollen geliefert, und wir ersehen daraus, daß man eine bekannte Last mit einer bekannten Kraft bewegen kann.

- 18 Es kommt vor, daß man bei einer Operation das gefaltete und nur in zwei Stränge gespannte Seil bald einfachen bald doppelten Zug nennt, je nach der Kraft, die wir dabei anwenden. Nehmen wir zum Beispiel dafür bei dem Punkt α eine Rolle an, über die ein Seil geht, und seien die beiden herabhängenden Teile des Seiles bei den Punkten β und γ , und seien β und γ an irgend einer Last angebunden, nämlich der Last ε . Wenn wir nun diese Last in zwei Hälften teilen, werden sich die beiden Teile auf beiden Seiten das Gleichgewicht halten; diese Rolle nennt man

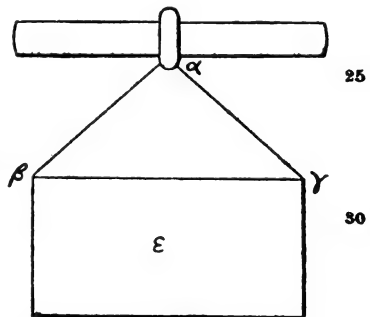


Fig. 31.

ركن ثابت يكون عند بكرة \bar{A} على علامة \bar{C} فيكون امتداد
القلوس متساويا للعة التي وصفنا لان كل واحد منهما
يمد ثلث الثقل فان قسم ثقل \bar{Z} بثلاثة اقسام متساوية
حتى يكون ما يلي منه جهة \bar{P} ضعف \bar{C} فان الثقل
يسكن ولا يميل منه شيء الى جهة من الجهات فيكون ⁵
الثقل المعلق في قلوس \bar{C} معادلا للثقل المعلق في قلوس
 \bar{D} ¹⁾ وهو ضعف الجهة الاخرى فان نحن صيرنا مكان \bar{C}
التي هي ثلث الثقل قوة معادلة للثقل تمسك القلوس فان
الثقل الباقي لا يقوى عليها وهي اقل منه وذلك ايضا ان
نحن ادخلنا طرف القلوس الذي عند \bar{C} في بكرة تكون ¹⁰
مشدودة عند \bar{C} ومددناه حتى نشد طرفه في ثقل \bar{Z} على
علامة \bar{L} فان كل واحد من القلوس الممدودة ²⁾ يقلد ربع
الثقل فان قسم الحمل ايضا قسمة اخرى حتى يكون
ما يلي منه علامات \bar{P} \bar{C} ³⁾ ثلاثة امثال ما يلي علامة \bar{L}
فان الثقل الذي عند علامة \bar{L} يعادل باقى الثقل وتكون ¹⁵
نسبة عدد القلوس الممدودة التي تقلد الثقل الى القلوس
الذى يحجرة ⁴⁾ كنسبة الثقل الى الثقل فينبغى في كلية
هذه الاتفال ان تكون نسبة الثقل المعلوم الى القوة التي
تحركه كنسبة القلوس الممدودة التي تقلد الثقل الى

1) Codd. \bar{L}

2) LC om.

3) Codd. \bar{P} \bar{C}

4) B

يحجرة LCK يحركة

α zusammenhängt, gehen, nämlich zum Punkte η , so ist die Spannung der Stränge gleich, aus dem von uns angegebenen Grunde, weil jeder von ihnen ein Drittel der Last zieht. Wird nun die Last ζ in drei gleiche Teile geteilt, so daß das nach $\vartheta\beta$ fallende Teil davon das Doppelte von γ ist, so ruht die Last, und nichts von ihr neigt sich nach irgend einer Seite, so daß das am Strang γ aufgehängte Gewicht dem am Strang δ aufgehängten das Gleichgewicht hält, während letzteres das Doppelte

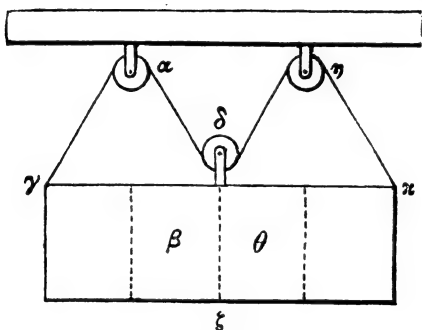


Fig. 30.

der anderen Seite ist. Wenn wir nun an Stelle von γ , d. i. dem dritten Teil der Last, eine dem Gewicht entsprechende Kraft anbringen, die das Seil festhält, so wird die übrige Last sie nicht aufwiegen, obwohl sie kleiner als jene ist. Ebenso verhält es sich, wenn wir das Ende des Seiles bei η über eine in η befestigte Rolle laufen lassen und es anziehen, bis sein Ende an der Last ζ im Punkte π angebunden ist; denn jedes der Seile trägt den vierten Teil des Gewichtes der Last. Teilt man die Last abermals, so daß das nach den Punkten $\vartheta\beta\gamma$ fallende Stück derselben das Dreifache des nach dem Punkt π fallenden ist, so hält das Gewicht bei π dem Rest der Last das Gleichgewicht, und es verhält sich die Anzahl der angespannten Seile, die die Last heben, zu dem Seile,

يكونان¹ ساكنين لان الثقل الذى يمدّهما ثقل واحد وهو الذى كان يمدّهما أولاً فيكون نصف الثقل معادلاً للثقل المساوى * له ويكون ايضا الجران الممدودان من القلس متساويين من جهة اخرى لانه قد علق اثنان متساوية في خطوط متساوية² وذلك ان القلس الممدود⁵ يماس من قوس الفلكة نقطتين هما نظائر بعضها بعضا وبعدهما من المركز متساو والاثقال كأنها معلقة بهاتين النقطتين ⊙ فعلى هذا العمل وبهذه الجهة ليس يعادل حمل ثقل او ثقل عظيم قوة يسيرة ولذلك يسمى هذا الباب من الآلة التى تسمى كثيرة الرفع ذا³ رفع واحد وهذا⁴ 10 الذى يسمى ذا الرفع الواحد هو الذى القلس فيه ممدود مدتين⁵ ⊙

[١٢] فلنبيّن الان الذى هو ذو رفعين وهو الذى فيه من القلس ثلثة اجزاء ممدودة وعلى هذه الجهة كلما تكاثر امتداد القلس وتكرر انبساطه بعدة ذلك التكرير¹⁵ تسمى الآلة ذا⁶ رفع بعد نقصان واحد من عدد تكرير⁷ انبساط القلس ليكون الاسم سميّاً للعدد الذى هو اقل من ذلك العدد اعنى عدد تكرير القلس بواحد فلنتوهم طرف القلس الذى عند د داخل في بكرة نافذا منها الى

1) B om. 2) B om. 3) Codd. ذو 4) BCL وهو

كثير K تكثر L 7) Codd. ذو 6) ممدودتين L 5)

Teile, so zeigt es sich, daß die beiden herabhängenden Teile des Seiles in Ruhe verharren, weil die sie anspannende Kraft dieselbe ist, nämlich diejenige, die sie zuerst anspannte. Also hält die Hälfte der Last der ihr gleichen Last das Gleichgewicht. Die beiden herabhängenden Teile des Seiles sind noch unter einem anderen Gesichtspunkte gleich, weil gleiche Gewichte an gleichen Linien aufgehängt sind; denn das angespannte Seil berührt zwei Punkte des Rades, die einander entgegengesetzt sind und deren Entfernung vom Mittelpunkt dieselbe ist; so ist es, als seien die beiden Gewichte in diesen beiden Punkten aufgehängt.

Bei diesem Verfahren und in dieser Weise hält eine schwere Last oder ein großes Gewicht einer geringen Kraft nicht das Gleichgewicht, und deshalb nennt man diese Art des Flaschenzug genannten Werkzeuges einfachen Zug. Dieser sogenannte einfache Zug ist also derjenige, bei dem das Seil doppelt herabhängt.

- 12 Wir wollen jetzt den doppelten Zug erklären; das ist derjenige, bei dem drei Teile des Seiles gespannt sind. Auf gleiche Weise wird, je öfter man das Seil hin und wieder her spannt, nach der Zahl dieser Wiederholungen das Werkzeug als von so und so viel Zügen benannt, nachdem man von der Zahl der Wiederholung der Spannungen eins abgezogen, damit der Name die Zahl angebe, die um eins kleiner ist als jene Zahl, nämlich als die Zahl der Wiederholungen des Seiles. Denken wir uns nun das bei δ befindliche Ende des Seiles über eine Rolle laufen und nach einer festen Stütze, die mit der Rolle

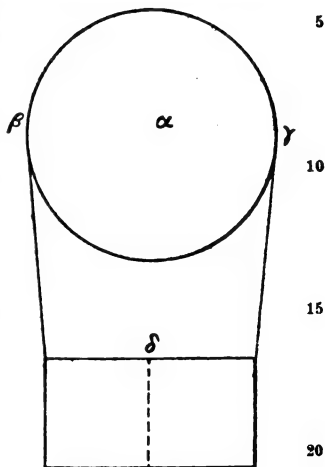


Fig. 29.

[١٠] وأما المحور المركب في الفلكة فانه ليس شىء آخر إلا دائرتين على محور* واحد احدهما صغيرة وهي دائرة المحور^(١) والاخرى كبيرة وهي دائرة الفلكة فلذلك^(٢) باستحقاق صار تعليق الثقل على المحور وصارت القوة المحركة على الفلكة لأن بهذا العمل تقوى القوة^٥ اليسيرة على ثقل عظيم وهذا القول قد قاله الذين كانوا قبلنا إلا أننا وضعناه^(٣) هاهنا ليكون كتابنا متما وليكون له ترتيب مؤلف ٥

[١١] فلذلك الآن في علّة الآلة التي تدعى كثيرة الرفع نفرض فلكة متعالية على علامة آ وعليها قلنس سلاح^{١٠} وهو بـج ونشد في طرفي الحبل الممدودين ثقلا وهو د وليكن هذا الثقل متعاليا عن الارض فيظهر ان الجريئين الممتدين من القلنس امتدادهما متساو وكذا واحد منهما ثقل^(٤) نصف ثقل د لان الجريئين الممتدين ان لم يكن الممدود منهما متساويا فان الذي هو منهما اكثر^{١٥} امتدادا يشيله اكثرهما ارتفاعا ولكننا ليس نرى شيئا من هذا لان كل واحد من الجريئين الممتدين من القلنس ساكن فان نحن قسمنا ثقل^(٥) د بدصفيين اعنى بجريئين متساويين يظهر لنا ان الجريئين من القلنس الممدودين

1) B om.

2) BCL ك ذلك K فذلك

3) Codd.

4) Codd. ثقل 5) B om.

وصفناها

durch Gleichgewichtslage einträte) verteilen. Also nimmt die gedachte Ebene die Hälfte der Last weg. Wenn nun die Kraft bei β der Last $\varepsilon\eta\kappa\lambda$ das Gleichgewicht hält, so verhält sich also $\beta\delta$ zu $\delta\alpha$ wie die Last $\varepsilon\eta\kappa\lambda$ zur Kraft β ; und es bedarf einer um so viel geringeren Kraft, 5 als sich die Last von der Erde hebt. Diese Last nimmt schliesslich eine solche Lage ein, dass sie überhaupt keiner Kraft bedarf, wenn nämlich die durch den Punkt ε gehende senkrechte Ebene die Last in zwei Hälften teilt.

Auch dieses Verfahren mit dem Hebel lässt sich auf 10 den Kreis zurückführen; aber es ist nicht wie beim ersten Verfahren. Dass sich die Wage ebenfalls auf den Kreis zurückführen lässt, ist klar, da ja der Kreis eine Wage ist.

- 10 Was nun die Welle mit dem Rade angeht, so ist sie nichts anderes als zwei Kreise um denselben Mittelpunkt, 15 deren einer, nämlich der Kreis der Welle, klein, der andre, nämlich der des Rades, gröfser ist. Deshalb findet mit Recht das Aufhängen der Last an der Welle statt, und die bewegende Kraft befindet sich an dem Rade, weil bei diesem Verfahren die kleine Kraft eine grofse Last aufwiegt. 20 Diesen Satz haben unsere Vorgänger schon ausgesprochen; wir haben ihn hierhergesetzt, damit unsere Schrift vollständig werde und eine wohlgeordnete Anlage habe.

- 11 Reden wir jetzt von der Begründung des Flaschenzug genannten Werkzeuges. Denken wir uns ein in der Höhe 25 befindliches Rad bei dem Punkte α , um das ein Seil (Hoplon), nämlich $\beta\gamma$ geschlungen sei. An die beiden freien Enden des Seiles werde die Last, nämlich δ gebunden, die sich ebenfalls in der Höhe über dem Erdboden befinde. Dann ist klar, dass die beiden herabhängenden Enden des Seiles 30 gleichweit herabhängen und jedes von ihnen die Hälfte der Last δ trägt; denn von den herabhängenden Teilen würde, wenn das herabhängende Stück nicht gleich wäre, der höhere den länger herabhängenden hinaufziehen. Wir bemerken aber nichts davon, weil jedes von den beiden 35 herabhängenden Enden des Seiles ruhig bleibt. Teilen wir nun die Last in zwei Hälften, d. i. in zwei gleiche

من الجهات لا الى جهة ط ولا الى جهة ح لمعادلة ثقل
 هـ ط ز هـ ح ز احدهما للآخر فاذا جـء الحمل الذى هو
 هـ ح ط ليس يحتاج الى قوة بنة فاذا جـء الحمل الذى
 هو هـ ح ل ل هو الذى يحركه المخل فلو كان مخل اب
 يحرك جميع ثقل هـ ط ل ل كانت نسبة بـ د الى دـ ا كنسبة 5
 ثقل هـ ط ل ل الى القوة التى عند ب ولكنه ليس يتحرك
 كله وذلك ان جـءـا منه يضبطه السطح المفروض وذلك
 الجـءـ هو نصفه لان ذلك السطح لو لم نتوقمه وزدنا فى
 القوة المحركة قدرا مساويا لذلك الفضل كانت القوة
 تندفع الى اسفل ويرتفع¹⁾ طرف المخل الذى عند آ لان¹⁰
 الاتقال تنقسم على القوى المحركة لها قسمة المساواة فاذا
 السطح المفروض هو ياخذ نصف الثقل فاذا ان كانت
 القوة التى عند ب معادلة لثقل هـ ح ل ل تكون نسبة بـ د
 الى دـ ا كنسبة ثقل هـ ح ل ل الى قوة ب والقدر الذى يرتفع
 الحمل عن الارض بذلك القدر يحتاج من القوة الى الاقل¹⁵
 فيكون موضوعا وضعا لا يحتاج الى قوة اذا كان السطح
 المخرج على علامة هـ القائم على الافق يقسم الحمل بنصفين
 وهذا العمل بالمخل²⁾ منسوب الى الدائرة ولكنه ليس على
 العمل الاول ○ واما ان يكون الميزان ايضا منسوبا الى
 الدائرة فذلك ظاهر لان الدائرة ميزان ما ○

20

1) Codd. om.

2) Codd. بالحمل

bleibt auf der Erde liegen. Denken wir uns nun eine Ebene senkrecht durch den Punkt ε gehen und es entstehe ein überragender Teil der Last, nämlich $\varepsilon\zeta\theta$. Diese Last $\varepsilon\zeta\theta$ sei im Gleichgewicht mit einem andern Teile, $\varepsilon\eta\zeta$. Denken wir uns nun dieses ganze Gewicht $\varepsilon\eta\theta$ von der Last getrennt, und an dem Platze, wo es sich befindet, aufgestellt, so wird es sich nach keiner Seite

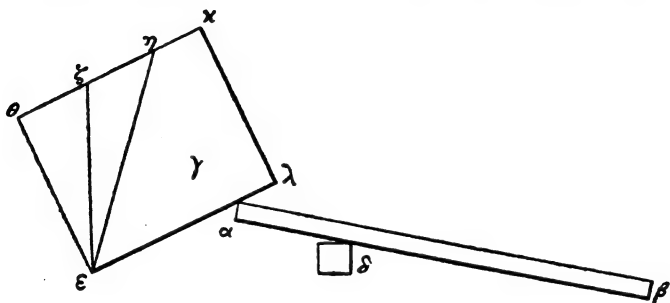


Fig. 28.

hin neigen, weder nach ϑ , noch nach η , weil sich die beiden Gewichte $\varepsilon\vartheta\xi$ und $\varepsilon\eta\xi$ einander das Gleichgewicht halten. Also bedarf der Teil $\varepsilon\eta\vartheta$ überhaupt keiner Kraft 10 und folglich ist es nur der Teil $\varepsilon\eta\kappa\lambda$ der Last, den der Hebel bewegt. Wenn der Hebel $\alpha\beta$ die ganze Last $\varepsilon\vartheta\kappa\lambda$ bewegte, so verhielte sich $\beta\delta$ zu $\delta\alpha$ wie die Last $\varepsilon\vartheta\kappa\lambda$ zur Kraft bei β ; er bewegt sie aber nicht ganz, weil ein Teil der Last durch die angenommene (senkrechte) Ebene 15 gehalten wird, und dieser Teil sei z. B. die Hälfte. Denken wir uns nämlich jene (senkrechte) Ebene nicht, so daß das Ganze als Wage um den Punkt δ erscheint, und fügen der bewegenden Kraft einen jenem Überschufs (der als Beispiel vorgenannten Hälfte der Last) gleichen Betrag 20 hinzu, so wird die Kraft nach unten gedrückt, und das Hebelende bei α hebt sich, weil die Lasten sich auf die bewegenden Kräfte gleichmäfsig, (nicht proportional, wo-

القوة فان القوة تقوى على الثقل لانهما دائرتان على مركز واحد والثقل هو على قوس من الدائرة الصغرى والقوة المحركة على قوس من الدائرة العظمى فقد يظهر لنا انه يعرض في المخل العارض الذى عرض للدائرتين اللتين على مركز واحد فاذا المخل المحرك للثقلات العلة فيه 5 هي العلة التى عرضت للدائرتين ①

[٩] ولنفرض ايضا مخلا يكون خط $\bar{A}B$ يتحرك على حاجر تحت المخل وهو \bar{D} وليكن احد طرفى المخل الذى هو علامة \bar{A} يكون تحت حمل \bar{C} والطرف الاخر يكون متعاليا عن الارض وهو على علامة \bar{B} فان فاجن 10 كبسنا طرف المخل الذى هو على علامة \bar{B} الى ما يلى الارض كنا قد حركنا ثقل \bar{C} فاقول انه لا يتحرك بهذا العمل مثل ما تحرك فى العمل الآخر لان فى هذا العمل بعض الثقل يتحرك وبعضه يبقى ثابتا على الارض فلنتوهم سطحها ما خارجا على علامة \bar{E} قائما على الافق وليكن 15 فاضل من الثقل وهو \bar{L}^1 $\bar{E}Z^*$ وليكن هذا الثقل الذى هو $\bar{E}Z^*$ معادلا للثقل الذى هو $\bar{E}Z^2$ فان توهمنا \bar{L}^3 هذا الثقل الذى هو \bar{L}^4 جميع $\bar{E}H^*$ مفصولا من الحمل موضوعا فى الموضع الذى هو فيه فانه لا يميل الى جهة

1) \bar{L} هو 2) \bar{LCK} om. 3) \bar{K} وليكن 4) \bar{LCB}

من add.

sich die Last γ nach der anderen Seite. Dann beschreibt der Punkt β einen Kreis um den Mittelpunkt δ und der Punkt α um denselben Mittelpunkt einen kleineren Kreis, als den vom Punkte β beschriebenen. Wenn sich nun

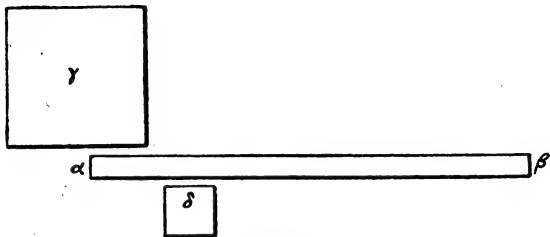


Fig. 27.

die Linie $\beta\delta$ zu $\delta\alpha$ verhält wie die Last γ zur Kraft bei β , so hält die Last γ der Kraft β das Gleichgewicht. Ist das Verhältniß $\beta\delta : \delta\alpha$ größer als das der Last zur Kraft, so hat die Kraft das Übergewicht über die Last, weil zwei Kreise um denselben Mittelpunkt vorhanden sind, und die Last sich am Bogen des kleineren Kreises, ¹⁰ und die bewegende Kraft sich am Bogen des größeren befindet. Es ist also klar, daß sich beim Hebel dieselbe Erscheinung zeigt, wie bei den zwei Kreisen um denselben Mittelpunkt. Also ist die Begründung für den Hebel, der Lasten bewegt, dieselbe wie die für die zwei Kreise ¹⁵ vorgebrachte.

- 9 Nehmen wir nun einen anderen Hebel an, der die Linie $\alpha\beta$ sei und sich um ein Hypomochlion, nämlich δ , bewegen lasse. Das eine Ende des Hebels, nämlich der Punkt α , sei unter der Last γ , das andre erhaben über ²⁰ dem Erdboden, nämlich beim Punkte β . Wenn wir nun das bei β befindliche Ende des Hebels nach dem Boden zu herabdrücken, so haben wir die Last γ bewegt. Nun behaupte ich, daß sie sich bei diesem Verfahren nicht ²⁵ so bewegt wie bei dem ersten. Denn bei diesem Verfahren bewegt sich ein Teil der Last, und der andere

برهانها¹⁾ بعد هذا العمل فقد كان القدماء الذين كانوا قبلنا يقدّمون هذه المقدمة فلبتين الآن ذلك أو لا في الآلة التي تسمى المخل وهذا المخل يتحرّك الثقيلات²⁾ على ضربيتين إمّا بان كان موضوعا وضعا يكون موازيا للارض أو بان يكون متعاليا عن الارض * مائلا عليها فيكون العمل به بان يكبّس طرفه المتعالى عن الارض الى ما يلى الارض فلنفرضه³⁾ أولا موازيا للارض وليكن المخل خط \overline{AB} وليكن الثقل الذى * يتحرّك بالمخل على علامة \overline{A} وهو ثقل⁴⁾ \overline{C} ولتكن القوة المحركة على علامة \overline{B} وليكن الحاجر الذى تحت المخل الذى يتحرّك المخل عليه على علامة \overline{D} ¹⁰ وليكن \overline{BD} اعظم من خط \overline{DA} فاذا نحن رفعنا طرف المخل الذى علامة \overline{B} ونعالى المخل عن الحاجر الذى يدور عليه فان الثقل الذى هو \overline{C} يتحرّك الى الجهة الاخرى فترسم علامة \overline{B} دائرة على مركز \overline{D} وترسم علامة \overline{A} ايضا دائرة على هذا المركز اصغر من الدائرة التى ترسمها علامة¹⁵ \overline{B} فان كانت نسبة خط \overline{BD} الى \overline{DA} هى نسبة الثقل الذى هو \overline{C} الى القوة التى عند \overline{B} فان ثقل \overline{C} يعادل قوة \overline{B} وان كانت نسبة \overline{BD} الى \overline{DA} اعظم من نسبة الثقل الى

الثقلات L الاشياء الثقيل B 2) براهينها K 1)

يحركه طرف \overline{A} هو الثقل B 4) K om. 3) الثقيلان K الذى عليه

wird es dem Gewicht ζ wieder das Gleichgewicht halten und es verhält sich dann die Last ϑ zur Last ζ , wie der Abstand $\beta\alpha$ zum Abstand $\alpha\epsilon$ und wir denken uns so die Linie $\beta\epsilon$ als Wage, die sich um einen Aufhängepunkt, nämlich den Punkt α , bewegen läßt. Dies hat Archimedes in seiner Schrift über das Ausgleichen der Neigung bewiesen. Hieraus erhellt, daß es möglich ist eine gewaltige Gröfse durch eine kleine Kraft zu bewegen. Denn wenn man zwei Kreise um denselben Mittelpunkt hat, und die gröfsere Last an irgend einem Bogen des kleineren, die kleinere an einem Bogen des gröfseren sich befindet, das Verhältniß der vom Mittelpunkt des gröfseren Kreises ausgehenden Linie zu der vom Mittelpunkt des kleineren ausgehenden aber gröfser ist, als das Verhältniß der grofsen Last zur geringen Kraft, die sie bewegt, so wiegt die geringe Kraft die grofse Last auf.

- 8 Da wir dies nun an unserem Beispiel mit dem Kreis als richtig befunden haben, so wollen wir dasselbe jetzt für die fünf Potenzen zeigen, und, wenn wir dies gethan haben, ist auch der Beweis für dieselben geliefert. Schon die Alten, die vor uns waren, haben übrigens diese Einleitung ausgeführt. Beweisen wir es nun für das Hebel genannte Werkzeug.

Der Hebel bewegt schwere Gegenstände auf zweierlei Weise: entweder indem er in einer dem Erdboden parallelen Lage sich befindet, oder indem er sich von dem Erdboden erhebt und schief gegen denselben steht. Man gebraucht ihn, indem man das über dem Erdboden erhabene Ende desselben nach dem Boden zu herunterdrückt. Nehmen wir zuerst an, er sei dem Erdboden parallel. Der Hebel sei die Linie $\alpha\beta$ und die durch ihn zu bewegende Last, nämlich γ , bei dem Punkte α , die bewegende Kraft bei dem Punkte β , der Stein unter dem Hebel, auf dem sich derselbe bewegt, bei dem Punkte δ und sei $\beta\delta$ gröfser als die Linie $\delta\alpha$. Wenn wir nun das bei β befindliche Hebelende heben, so daß sich der Hebelarm über den Stein, um den sich der Hebel dreht, erhebt, so bewegt

بـ ثقلين متساويين وهما علامتا زح فيظهر لنا ان الدوائر
لا تميل الى جهة من الجهات لان ثقل زح متساويان
وبعدى بـ اـ متساويان فيكون بـ عمود ميزان يتحرك
على علاقة هي علامة آ فإن نقلنا الثقل الذى على ج فعلقناه¹⁾
على هـ يميل الى ما²⁾ اسفل منحطاً ثقل ز ويدير الدوائر⁵
فاذا زدنا فى ثقل ط سيعادل ثقل ز وتكون نسبة ثقل
ط الى ثقل ز كنسبة بعد بـ ا الى بعد اـ هـ فننقوهم خط بـ هـ
ميزانا يتحرك على علاقة هي علامة آ وذلك قد بينه
ارشميدس فى كتابه فى مساواة الميل فيظهر من هاهنا
انه ممكن ان يحرك عظم كبير بقوة يسيرة لانه اذا كانت¹⁰
دائرتان على مركز واحد وكان الثقل الكبير على قوس ما
من الدائرة* الصغيرة والقوة اليسيرة على قوس ما من
الدائرة³⁾ العظيمة وكانت نسبة الخط الخارج من مركز
الكبيرة الى الخط الخارج من مركز الصغيرة اعظم من نسبة
الثقل الكبير الى القوة اليسيرة النى تحركه فإن القوة اليسيرة¹⁵
تقوى على الثقل الكبير⁴⁾ ⊙

[٨] فاذا كان قد صح لنا هذا فى تمثيلنا فى الدائرة
فانا نريد ان نبين ذلك فى هذه⁵⁾ الخمس قوى ونوضح

1) L om. 2) BCL om. 3) LCK om. 4) B add.

لان نسبة خط (الخط 1) الخارج من مركز العظمى الى مركز

هذا K⁵⁾ الصغرى كنسبة الثقل المحرك الى القوة المحركة ⊙

um darin Speichen anzubringen, mit denen wir die Schraube drehen. Wenn wir mit diesem Werkzeug irgend eine Last heben wollen, so binden wir die an der Last befestigten Seile zu beiden Seiten des Rades an die Welle. Dann drehen wir die Schraube, in welche wir die Zähne 5 des Rades eingreifen ließen, so wird sich das Rad mit der Welle drehen und jene Last sich heben.

- 7 Die Herstellung der vorher beschriebenen fünf Potenzen und ihre Anwendung haben wir eben dargelegt und erläutert. Den Grund, weshalb jede von diesen Maschinen 10 grofse Lasten durch eine geringe Kraft bewegt, wollen wir jetzt auseinander-

setzen, wie folgt. Denken wir uns zwei Kreise um denselben Mittelpunkt, nämlich den Punkt α , deren beide Durchmesser die Linien $\beta\gamma$ und $\delta\epsilon$ seien. Die beiden Kreise mögen um den Punkt α , ihren Mittelpunkt, beweglich sein, und dieselben mögen senkrecht auf dem Horizont stehen. Hängen wir nun in den beiden Punkten β und γ gleiche Gewichte, nämlich η und ζ auf, so ist klar, dafs die Kreise

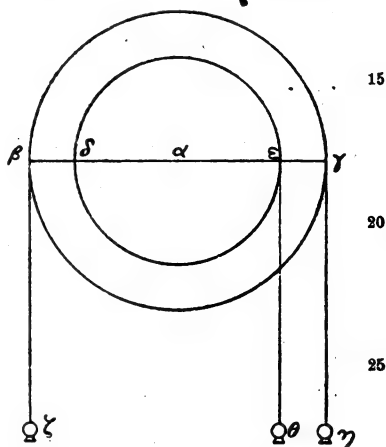


Fig. 26.

sich nicht nach irgend einer Seite neigen, weil die Gewichte ζ und η gleich, und die Abstände $\beta\alpha$ und $\alpha\gamma$ ebenfalls gleich sind, so dafs $\beta\gamma$ ein Wagebalken ist, der sich um einen Aufhängepunkt, nämlich den Punkt α , bewegen läßt. Wenn wir nun das Gewicht bei γ verschieben und es in ϵ aufhängen, so wird sich die 35 Last ζ nach unten senken und die Kreise in Drehung versetzen. Wenn wir aber das Gewicht θ vermehren,

قوة أخرى وهى التى تفعل بالمحور الذى عليه فلكة مركبة فهى¹⁾ تكون على هذه الجهة فتوقم للفلكة التى على المحور اوتادا ولولب ما محاذى الفلكة إما قائم على الارض وإما مواز لسطح الارض ولتكن الاوتاد مركبة فى الحفر اللولبى واطراف اللولب تكون فى ثقبين مستديرين من⁵ ركنين ثابتين²⁾ على ما وصفنا فيما تقدم وليكن طرف اللولب فيه فضل خارج عن الركن الثابت مركب³⁾ فيه مربعة ذات مقابض او نثقب فى ذلك الفضل الخارج ثقباً لتركب فيها اوتادا ندور اللولب بها فاذا اردنا ان نرفع ثقلاً ما بهذه الآلة نشد القلوس المرتبطة بالحمل على المحور¹⁰ من جنبتي الفلكة وندير اللولب الذى قد ركبنا فيه اوتاد الفلكة فندير الفلكة والمحور ويستقل ذلك الثقل ○

[v] أمّا⁴⁾ صنعة الخمس قوى التى تقدم وصفها والعمل بها فقد اتينا على ذكره وشرحه وأمّا العلة التى بها صارت كل واحدة من هذه الآلات تحرك اثقالاً عظاماً¹⁵ بقوة يسيرة فإنا الآن نخبر به هكذا ○ نفرض دائرتين على مركز واحد وهو علامة آ وليكن قطارهما خطى بـ ج د هـ ولتكن الدائرتان متحركتين على علامة آ التى هى مركزهما ولتكن الدائرتان قائمتين على الافق ولنعلق على علامتى

1) Codd. وهى 2) قائمين K 3) Codd. المركب

4) Codd. add. عمل

oder parallel zur Erdebene. Die Zähne sollen in das Schraubengewinde eingreifen und die Enden der Schraube in zwei runden Löchern in zwei festen Stützen, wie vor-

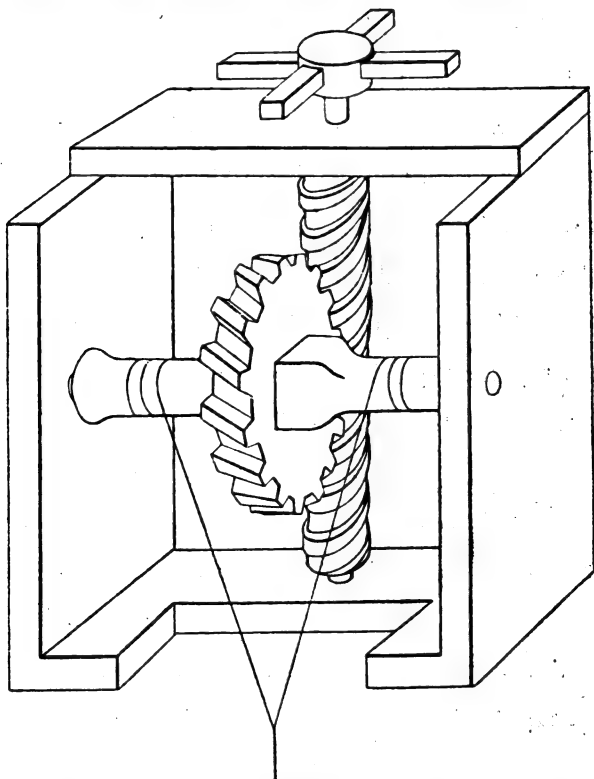


Fig. 25.

her beschrieben, liegen. Am einen Ende der Schraube befinde sich ein über die feste Stütze hinausragender 5 Fortsatz, worauf ein Viereck mit Handhaben befestigt ist, oder wir bohren in diesen überragenden Fortsatz Löcher,

فى حفر اللولب وطرفه الاخر فى حفر القانون فاذا اردنا ان نرفع¹ حملا ثقيلًا بهذه الآلة نأخذ قلصا من القلوس التى تستى سلاح ونشدّ احد طرفيه فى الحمل الذى نريد ان نرفعه والآخر فى العود الذى يستى طولس ونكون قد ثقبنا فى طرف اللولب ثقبًا مخالفة² فنركب³ فى⁴ هذه الثقب اوتادا وندير اللولب بهذه الاوتاد⁴ فيرتفع هذا الطولس بحركته فى الحفر الذى فى اللولب ويرتفع بارتفاعه الحبل فيقلّ⁵ الثقل المرتبط فيه⁶ وقد يمكننا ان نركب⁷ بدل الاوتاد مربعة ذات مقابض فى طرف اللولب الخارج عن الركن الثابت فندير اللولب بهذه المربعة ويرتفع¹⁰ الحمل فأمّا الحفر اللولبى الذى يكون على الاسطوانة فآلة ربّما كان مربعًا وربّما كان عدسيًا فأمّا المربع فهو القائم الحفر الذى ينتهى حفره الى خطّين وأمّا العدسى فهو الذى حفره مائل وينتهى الى خط واحد فيستى هذا عدسيًا والاخر يسمى مربعًا ٥

15

[٩] فاللولب اذا كان يستعمل مفردًا وحده فعلى هذه الجهة يستعمل وأمّا إن استعمل استعمالًا آخر بمشاركته

1) Codd. ندير 2) مخالفا K 3) لنركب K 4) K

فيكون قد تحرك بقوة B add. 6) فيبتقل K 5) الآلة

فى طرف Codd. add. 7) اقلّ من القوة الموازية له

اللولب

mit einer glatten Rundung, und fügen sie in runde Löcher in festen Stützen, so daß sie sich in diesen Löchern leicht drehen läßt. Dann bringt man das Kanon genannte Holz senkrecht und parallel zum Holz der Schraube an. In diesem Kanon befinde sich eine tiefe kanalartige Rinne, die sich auf der, der Schraube zugewandten Seite des Holzes zeigt. Dann bringen wir die eine Seite des Tylos genannten Holzes in die Rinne der Schraube, die andre in die Rinne des Kanon. Wenn wir nun mit diesem Werkzeug eine schwere Last heben wollen, nehmen wir eins von den Hoplon genannten Seilen, binden sein eines Ende an der Last, die wir bewegen wollen, fest, das andre an dem Tylos genannten Holze, nachdem wir das Ende der Schraube mit einander entgegengesetzten Löchern durchbohrt haben. Nun fügen wir in diese Löcher Speichen und drehen mittels derselben die Schraube, so hebt sich der Tylos, durch seine Bewegung in der Rinne, die in der Schraube ist, und zugleich mit ihm hebt sich der Strick und hebt die an ihm befestigte Last in die Höhe.

Statt der Speichen können wir an dem außerhalb der festen Stütze befindlichen Ende der Schraube ein mit Handhaben versehenes Viereck anbringen, mit Hilfe dessen wir die Schraube drehen und die Last sich hebt.

Die Schraubenrinne, die sich auf dem Cylinder befindet, ist manchmal viereckig und manchmal linsenförmig. Die viereckige ist diejenige mit senkrechten Einschnitten, deren Grube in zwei Linien endigt, die linsenförmige diejenige, deren Einschnitte geneigt sind, und die nur in einer Linie endigen. Diese Schraube wird linsenförmig, die andre viereckig genannt.

- 6 Wird die Schraube für sich allein angewendet, so geschieht es in dieser Weise. Benutzt man sie aber anders, in Verbindung mit einer anderen Kraft, nämlich der durch die Welle mit aufgesetztem Rade wirksamen, so geschieht es in folgender Weise. Denken wir uns an dem Rade auf der Welle Zähne, während eine Schraube dem Rade gegenübersteht, entweder senkrecht zur Erde

المساوى لضلع الاسطوانة على ضلع الاسطوانة والخط
المساوى لدائرة قاعدة الاسطوانة على دائرة قاعدة الاسطوانة
فان الخط الموتر للزاوية القائمة يلتقى على بسيط الاسطوانة
فتكون عليه دائرة لولبية وقد يمكننا ان نقسم ضلع الاسطوانة
فى الاجزاء المتساوية بكم اردنا ونرسم على كل جزء منها ⁵
دائرة لولبية فتكون على الاسطوانة دوائر كثيرة لولبية
وتكون الاسطوانة لولبا وتسمى الاسطوانة التى قد التقى
عليها وتر زاوية واحدة ¹ لولبا ذا دورة واحدة اعنى اذا
كان ضلع الاسطوانة لا يحيط الا بخط واحد يبتدى من
احدى نهايتيه وينتهى الى الاخرى فاذا اردنا استعمال ¹⁰
اللولب حفرنا على هذا الخط الملفن على الاسطوانة حفرا
عميقا ² يصل الى قعر الاسطوانة حتى يمكننا ان نركب فى
ذلك الحفر الخشبة التى تسمى طولس ثم نستعمل اللولب
على هذه الجهة ندير طرفيه تدويرا ملتسا ³ ونركبهما فى
ثقب مستديرة من اركان ثابتة ليكون تدويره فى تلك ¹⁵
الثقب سلسا ونركب الخشبة التى تسمى قانون فائدة
موازية لخشبة اللولب وليكن فى هذا القانون حفر
ميرابى عميق ظاهر ⁴ فى بسيط الخشبة فى الجهة التى
تلى اللولب ثم نركب طرف العود الذى يسمى طولس

1) LC om.

2) L om.

3) Codd. et ملتسا ملبسا

4) K om.

zu einer Schraube wird. Der Cylinder, auf dem eine Hypotenuse aufgewickelt wurde, heißt Schraube mit einer Windung, wenn nämlich die Cylinderseite nur eine Linie umfaßt, die an seinem einen Ende beginnt und zum anderen reicht.

5

Wenn wir nun die Schraube gebrauchen wollen, so schneiden wir nach dieser auf dem Cylinder gezogenen

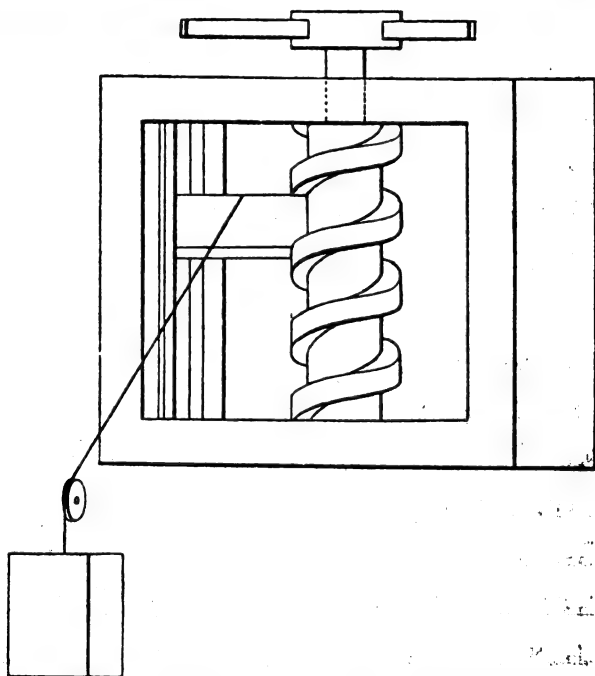


Fig. 24.

Linie eine tiefe Rinne ein, die in den Grund des Cylinders so weit eindringt, daß wir in dieselbe das Tylos genannte Holz einfügen können. Dann benutzen wir die Schraube 10 in folgender Weise. Wir versehen ihre beiden Enden

[ه] القوة الخامسة وهى التى تسمى اللولب¹⁾ اما
 الآلات التى ذكرنا فان معانيها ظاهرة تتم بذاتها وذلك
 ظاهر لنا فى اشياء كثيرة من استعمالاتها فاما اللولب
 فان فى عمله واستعماله صعوبة كان هو الذى يعمل وحده
 او كان قوة اخرى تعمل معه إلا انه ليس بشيء آخر إلا⁵
 اسفين ملتو لا يناله ضرب بل يتحرك بالمخل وذلك يتبين
 بما نحن ذاكرون فنقول ان طبيعة الخط المرسوم عليه
 هى هذه اذا فرض ضلع من اضلاع شكل اسطوانى متحرك
 على بسيط الاسطوانة وفرضت نقطة ما فى نهاية ذلك
 الضلع تتحرك على الضلع وتنفذ عليه كلة فى الزمان الذى¹⁰
 يدور الضلع على²⁾ بسيط الشكل الاسطوانى كلة دورة
 واحدة ويرجع الى الموضع الذى منه ابتدأت³⁾ تتحرك فان
 الخط الذى ترسمه تلك النقطة على بسيط الشكل
 الاسطوانى يكون دائرة لولبية وهى التى تسمى اللولب
 فاذا اردنا ان نرسم هذا الخط على بسيط الاسطوانة فانا¹⁵
 نستعمل هذا العمل انا اذا فرضنا على سطح ما خطين
 احدهما قائم على الاخر على زاوية قائمة كان احد الخطين
 مساويا لضلع الاسطوانة والاخر مساويا لدائرة الاسطوانة
 اعنى دائرة قاعدتها ووصلنا طرفى الخطين المحيطين⁴⁾
 بالزاوية القائمة بخط يوتر الزاوية القائمة ثم ركبنا الخط²⁰

1) B om.

2) Codd. om.

3) BCL ابتدأ

4) Codd. om.

5 Die fünfte Potenz. Das ist diejenige, die Schraube genannt wird. Die Prinzipien der bis jetzt erwähnten Werkzeuge sind klar und in sich selbst vollkommen. Bei der Wirkung und Anwendung der Schraube aber besteht eine Schwierigkeit, mag sie nun für sich allein 5 oder eine andre Kraft mit ihr zusammen wirken. Sie ist aber nur ein gewundener Keil, den man aber nicht schlagen kann, sondern der mittels des Hebels bewegt wird. Das wird aus dem noch zu Erwähnenden klar werden. 10

Wir sagen nun, daß die Natur der um sie beschriebenen Linie folgende ist: Nimmt man irgend eine Seite eines sich auf einer Ebene bewegendem Cylinders an, und an dem Ende dieser Seite einen Punkt, der sich auf derselben bewegt und sie ganz durchläuft, in derselben 15 Zeit, in welcher jene Seite die Oberfläche des Cylinders einmal umkreist, und zu dem Orte, von dem sie sich zu bewegen angefangen hat, zurückkehrt, so ist die Linie, welche jener Punkt auf der Oberfläche des Cylinders beschreibt, eine Schraubenwindung, die man Schraube 20 nennt. Wenn wir diese Linie auf der Oberfläche eines Cylinders beschreiben wollen, so verfahren wir hierbei also: Wenn wir in einer Ebene zwei Linien annehmen, deren eine auf der anderen senkrecht steht, und deren eine gleich der Seite des Cylinders, die andre gleich dem 25 Kreis des Cylinders d. h. gleich dem Kreis seiner Grundfläche ist, wenn wir ferner die Endpunkte der den rechten Winkel einschließenden Linie verbinden, dann die der Seite des Cylinders gleiche Linie auf die Seite des Cylinders, und die dem Kreis der Grundfläche des Cylinders 30 gleiche Linie auf diesen legen, so wickelt sich die dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite auf der Oberfläche des Cylinders auf und es entsteht darauf eine Schraubenwindung. Wir können auch die Seite des Cylinders in beliebig viele gleiche Teile teilen und auf jedem von 35 ihnen eine Schraubenwindung beschreiben, so daß auf dem Cylinder viele Windungen entstehen, und der Cylinder

تركب البكر¹ على المحور تركيبا لا يمكن بعضها يلاقى بعضها
لانها اذا تلاقت صعب تدويرها فاما لما² اذا³ صارت
الريادة في البكر فريد في سهولة الرفع ولم صار طرف
القلس يربط في العارضة الثابتة فانا سنخبره⁴ فيما
بعد هذا ○

5 [٤] القوة الرابعة فاما القوة الرابعة التي تتلو هذه
فانها القوة التي تدعى⁵ بالاسفين⁶ وهي تستعمل في
بعض آلات الطيب وفي الصاف⁷ ما جد من اعمال التجارة
وكثيرة⁸ اعمالها واكثر استعمالنا لها اذا اردنا ان نفرى⁹
اسفل الحاجر الذي فريد ان نقطعه وقد فصلنا جوانبه من
10 الجبل الذي نقطعه منه فان في هذا الباب ليس يعمل
شيء من تلك القوى الاخر فلا لواجتمعت¹⁰ كلها فاما
الاسفين فانه وحده يفعل في¹¹ ذلك وفعله بالضربة التي
تناله اى ضربة كانت وليس يبطل من فعله بعد سكون
الضربة وذلك ظاهر لنا انه بلا ان يضرب كثيرا ما يكون
15 له صوت وقلع لما يشق بقوته¹² وكلما كانت زاوية الاسفين
اصغر فان العمل به يكون اسهل كما سنبين ○

1) L om. 2) BCL om. 3) K om. 4) BCL سنخبره

7) LCK الاسفين K 6) تكون K 5) نستخبر K

10) BCL جمعت 8) Codd. ولتكن 9) K فبرى

11) K om. 12) K لقوته

uns die Leichtigkeit jene Last zu heben. Je zahlreicher die Rollen, auf denen das Seil läuft, sind, desto leichter läßt sich jene Last heben. Das eine Ende des Seiles muß an dem festen Querbalken fest gebunden sein, und das Seil von diesem nach der Last laufen. Die Rollen an dem festen Querbalken müssen auf einem anderen Holz festsitzen und sich um dieselbe Achse drehen. Diese Achse nennt man Manganon. Das Holz wird mittels andrer Seile an dem festen Querbalken befestigt. Die Rollen an der Last sitzen auf einer anderen, jener ersten gleichen und an der Last befestigten Achse. Die Rollen müssen so auf der Achse angebracht sein, daß sie einander nicht berühren können; denn wenn sie sich berühren können, ist ihre Drehung erschwert. Warum sich nun die Leichtigkeit beim Heben für uns erhöht, wenn die Rollen vermehrt werden und warum das eine Ende des Seiles an dem Querbalken angebunden ist, werden wir später auseinandersetzen.

- 4 Die vierte Potenz. Die vierte Potenz, die auf diese folgt, ist diejenige, die Keil genannt wird. Sie wird bei manchen Werkzeugen der Parfumbereitung gebraucht und um getrennte Teile von Zimmermannsarbeiten zusammenzufügen. Ihre Anwendungen sind vielerlei; am häufigsten aber gebrauchen wir sie, wenn wir den untersten Teil von Steinen, die wir brechen wollen, zu spalten beabsichtigen, nachdem wir bereits die Seitenteile von dem Berge, von dem wir sie absprenge wollen, losgetrennt haben. Hierbei wirkt keine der übrigen Kräfte, auch nicht, wenn sie alle vereinigt würden. Der Keil aber wirkt hierbei ganz allein. Seine Wirkung beruht auf dem Schlag, der ihn trifft, wie immer der Schlag geartet sein mag, und seine Wirkung hört auch nicht nach Aufhören des Schlages auf. Das ist klar; denn häufig entsteht durch ihn ein Geräusch, ohne daß er geschlagen wird, und ein Bersten dessen, was er mit seiner Kraft spaltet. Je spitzer der Winkel des Keiles ist, desto leichter ist mit ihm zu arbeiten, wie wir zeigen werden.

طرفيها في عارضة ثابتة وادخلنا الطرف الآخر في بكرة
مشدودة في وسط الحمل ومددنا القلوس كان تحريكنا
لذلك الثقل اسهل وإن نحن ربطنا في العارضة الثابتة
بكرة أخرى وادخلنا طرف القلوس فيها ومددناه كان
تحريكنا لذلك الثقل أكثر سهولة وايضا ان نحن شددنا 5
على ذلك الثقل بكرة أخرى وادخلنا طرف الحمل فيها
زادنا ذلك سهولة في حركة الثقل وعلى هذا العمل كلما
زدنا في العارضة الثابتة من البكر وفي الثقل الذي نريد
ان نحمله وادخلنا احد طرفي القلوس في البكرة* التي
في العارضة¹⁾ الثابتة وفي البكرة²⁾ المرتبطة على الحمل 10
وصيرنا مجرى القلوس يمتد اليه زدنا في سهولة رفع ذلك
الثقل وكلما تكاثرت البكر التي تجرى عليها القلوس كان
اسهل لرفع ذلك الثقل وينبغي ان يكون طرف القلوس
الواحد ثابتا مشدودا في العارضة الثابتة ويكون القلوس
يجرى منها الى الثقل فاما البكر التي في العارضة الثابتة 15
فانه ينبغي ان تكون مشدودة على خشبة أخرى وتكون
دائرة على محور واحد ويدعى ذلك المحور مغنن وتكون
تلك الخشبة مشدودة على العارضة الثابتة بقلوس آخر
واما البكر المشدودة على الحمل فانها تكون على محور
آخر مساو لذلك المحور مربوط بالحمل وقد يجب ان 20

1) LCK om. 2) LCK om.

Wenn wir nun an dem festen Querbalken eine andre Rolle befestigen, das Ende des Seiles darüber legen und es anziehen, so ist die Bewegung der Last für uns noch leichter. Wenn wir ferner an jener Last eine zweite Rolle anbringen, und das Ende des Seiles darüberziehen, so ver- 5

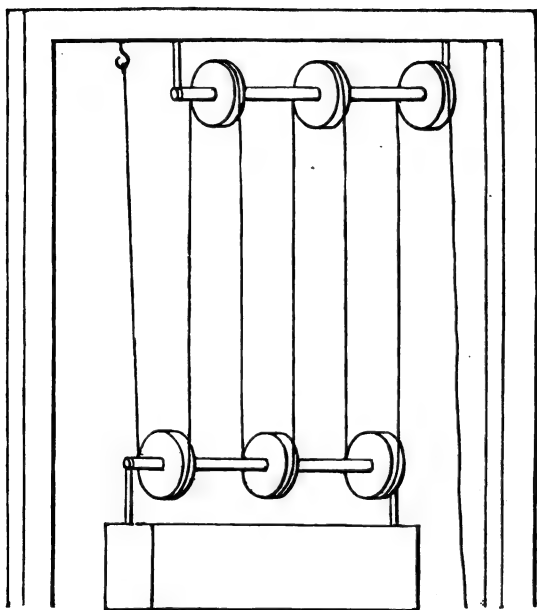


Fig. 23.

mehrt uns dies noch die Leichtigkeit bei Bewegung der Last. Auf diese Weise fahren wir fort an dem festen Querbalken und an der Last, die wir heben wollen, Rollen anzubringen und das eine Ende des Seiles über die an dem festen Querbalken und über die an der Last an- 10 gebundene Rolle zu legen, und lassen das Seil immer wieder zu ihr zurücklaufen, so erhöht sich hierdurch für

المخل ولعل هذه القوة هي أول ما فكر فيه في حركة
 الاجسام المفرطة الثقل لأن قوما لما ارادوا ان يحركوا
 جسما ثقيلًا مفرط الثقل من اجل ان أول ما احتاجوا
 اليه في حركته ان يقلوه عن الارض ولم تكن لهم مقابض
 يقبضونها منه لأن جميع اجزاء القاعدة¹⁾ تكون على الارض⁵
 احتاجوا الى ان احتالوا في ذلك فحفروا تحت الجسم
 الثقيل في الارض حفرا يسيرا واخذوا عودا طويلا
 فادخلوا طرفه في ذلك الحفر وكبسوا الطرف الآخر فاستقل
 الثقل ثم وضعوا تحت هذا العود حجرا ستوه ابومخليون
 وتاويله الموضوع تحت المخل وكبسوه ايضا فاستقل الثقل²⁾¹⁰
 اكثر فلما ظهرت هذه القوة علمت أنه قد يمكن ان تحرك
 بهذه الجهة اثقال عظيمة وهذا العود يسمى مخلا مدورا
 كان او مربعا وكلما قرب الحاجر الذي يوضع تحته من
 الثقل الذي يحرك كان اهنون لحركته على ما سنبينه فيما
 يستأنف ○

15

[٣] القوة الثالثة فاما القوة الثالثة فانها التي تدعى
 الكثيرة الرفع فانما اذا اردنا ان نرفع ثقلا اى ثقل كان
 ربطنا القلوس في ذلك الثقل وارادنا ان نمّد القلوس حتى
 نرفعه ويحتاج في ذلك الى قوة موازية للثقل الذي نريد
 ان نرفعه فان نحن حللنا القلوس من الحمل وربطنا احد²⁰

1) Codd. قاعدة 2) K add. ايضا

damit sie sich nicht ganz auf die Achse aufwickeln. Die Gröfse dieser Maschine muß nach Maßgabe der Gröfse der Last, die man damit bewegen will, eingerichtet werden. Ihre Berechnung muß gemäß dem Verhältniß der Last, die man bewegen will, zu der Kraft, die sie bewegen soll, stattfinden, wie wir es im Folgenden darthun werden. 5

- 2 Die zweite Potenz. Die zweite Potenz ist diejenige, die Hebel genannt wird, und diese Potenz ist vielleicht das Erste, woran man bei Bewegung von übermäfsig schweren Körpern dachte. Denn da das Erste, was man notwendig hatte, wenn man einen Körper von übergroßem Gewicht bewegen wollte, war, daß man ihn bei seiner Bewegung von der Erde erhob, man aber keine Handhaben daran hatte, um ihn anzufassen, da alle Teile seiner Grundfläche auf der Erde lagen, so verfiel man notwendigerweise auf dieses Verfahren, machte unter dem schweren Körper in dem Boden eine kleine Grube, nahm ein langes Holz, brachte das eine Ende desselben in jene Grube und drückte das andre nieder; so hob sich die Last. Dann legte man unter jenes Holz einen Stein, den man Hypomochlion d. i. das unter den Hebel Gelegte nannte und drückte ihn wieder nieder, sodaß sich die Last noch mehr hob. Als diese Potenz bekannt wurde, begriff man, daß es möglich sei in dieser Weise große Lasten zu bewegen. Dieses Holz nennt man Hebel, mag es rund oder viereckig sein. Je näher man den Stein, den man unter ihn legt, an die Last bringt, desto bequemer ist es für ihre Bewegung, wie wir es im Folgenden zeigen werden. 10 15 20 25

- 3 Die dritte Potenz. Die dritte Potenz ist diejenige, die Flaschenzug heißt. Wenn wir nämlich eine beliebige Last heben wollen, so binden wir Seile an diese Last und wollen die Seile anziehen, bis wir dieselbe heben. Dazu bedürfen wir einer der zu hebenden Last gleichen Kraft. Wenn wir aber das Seil von der Last los lösen, sein eines Ende an einem festen Querbalken anbinden, das andre über eine mitten an der Last befestigte Rolle legen, und das Seil anziehen, ist es leichter jene Last zu bewegen. 30 35

والمحور معا وهذه الفلكة تسمى برطركين¹⁾ وتاويله
 المحيطية فاذا فعلنا ذلك فرضا في المحور عن جنبى
 الفلكة * فرضا متعكشا²⁾ ليكون ذلك العرض ملقة تلتف
 القلوس عليها ونثقب في ظاهر الفلكة³⁾ اعنى في محيطها
 ثقبنا تكون في كثرتها على قدر ما يدعو الحاجة اليه⁵
 ولتكن مهتمة حتى تكون اذا ركبت فيها اوتاد تدور
 بتلك الاوتاد الفلكة والمحور ⊙ وقد بينا كيف ينبغي ان
 يعمل المحور فاما العمل به فالآن نشرحه اذا اردت ان
 تحرك ثقلا عظيما بقوة اقل منه تشد القلوس المرتبطة في
 الثقل في الموضع المفروض من المحور عن جنبى الفلكة *¹⁰
 ثم نركب في الثقب التى ثقبنا في الفلكة اوتادا وتكبس
 الاوتاد في جهة الانخفاض حتى تدبر الفلكة⁴⁾ فيتحرك
 الثقل بقوة يسيرة وتلتف القلوس على المحور او نركب
 بعضها بعضا لان لا تلتف جميعا على المحور وينبغي ان
 يكون عظم هذه الآلة على قدر عظم الاجسام التى نريد¹⁵
 ان ننقلها بها واما⁵⁾ تقديرها فينبغي ان يكون على قدر
 نسبة الثقل الذى نريد حركته الى القوة التى تحركه وذلك
 سببنا فيما يستأنف ⊙

[٢] القوة الثانية فاما القوة الثانية فانها التى تدعى

هفطسا LC نقطتين B 3) K om. 2) برطيطس Codd. 1)

فى BCL add. 5) B om. 4)

Heronis op. vol. II. ed. Nix.

Seiten des Rades eine lockenartige Nute, damit dieselbe eine Winde sei, auf welcher sich die Seile aufwickeln. Dann machen wir auf der Stirnseite des Rades, d. i. auf

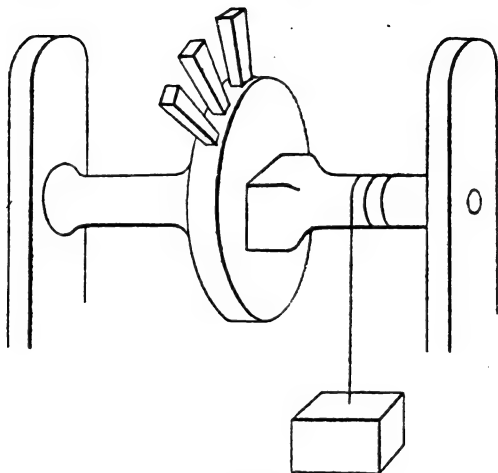


Fig. 22.

seinem Umfange, Löcher, deren Anzahl sich nach dem Bedürfnis richtet, die gleichmäßig gearbeitet sind, sodaß, wenn man Speichen darin anbringt, durch diese Speichen das Rad und die Rolle in Umdrehung versetzt werden.

Wir haben nun auseinandergesetzt, wie man die Achse konstruieren muß; wie man damit arbeitet, werden wir jetzt darlegen.

Wenn man eine große Last mit einer kleinen Kraft bewegen will, befestigt man die an der Last angebundenen Stricke an dem auf der Achse zu beiden Seiten des Rades ausgenutzten Platze. Dann steckt man in die im Rade gebohrten Löcher Speichen und drückt die Speichen nach unten, sodaß sich das Rad dreht, die Last sich durch die kleine Kraft bewegen läßt, und die Seile sich um die Achse aufwickeln, oder wir schichten sie aufeinander auf,

بسم الله الرحمن الرحيم

المقالة الثانية من كتاب اهرن فى رفع الاشياء الثقيلة

[١] اِنَّه لما كانت القوى التى تحرك بها الثقل
المعلوم بالقوة المعلومة خمسا يجب باضطرار ان نضع
اشكالها واستعمالاتها واسماءها لان هذه القوى منسوبة ⁵
الى طبيعة واحدة وهى مختلفة فى اشكالها اختلافا كثيرا
فاما اسمائها فهى هذه ◉ محور داخل فى فلكة ◉
مخل ◉ بكرة ◉ إسفين ◉ لولب ◉ أما المحور المركب
فى فلكة فانه يعمل على هذه الصنعة يؤخذ عود صلب
مربع فى هيئة الخشبة فتلمس اطرافه ويدور وتركب عليها ¹⁰
سرنجات من نحاس مهندمة لا يجوز غلط المحور لتكون
اذا ركبت فى ثقب مستديرة ملبسة نحاسا فى ¹ ركن
ثابت غير متحرك تدور تدويرا سهلا فهذا العود اذا عمل
على هذه الصفة سمي محورا ثم نركب فى وسط المحور
فلكة مثقوبة ثقبا مربعة بقدر وسط المحور مهندمة على قدر ¹⁵
المحور لتكون اذا ركبت الفلكة فى المحور دارت الفلكة

من LCK 1)

DIE MECHANIK DES HERON VON ALEXANDRIA.

ZWEITES BUCH.

1 Da die Potenzen, durch die man eine bekannte Last 5
mit einer bekannten Kraft bewegt, fünf sind, müssen wir
notwendigerweise ihre Formen, ihren Gebrauch und ihre
Namen darlegen, weil diese Potenzen auf ein natürliches Prin-
zip zurückgehen, während sie ihrer Form nach sehr ver-
schieden sind. Ihre Namen nun sind folgende: die Welle 10
mit dem Rade, der Hebel, der Flaschenzug, der Keil, die
Schraube.

Die Welle mit dem Rade wird auf folgende Weise her-
gestellt. Man nimmt ein hartes viereckiges Stück Holz 15
in der Form eines Balkens; seine Enden mache man durch
Hobeln rund und befestige darauf passend gearbeitete Ringe
von Kupfer, damit die Rauheit der Achse nicht zur Geltung
komme, sodafs sie, wenn sie in runde mit Erz ausgelegte
Löcher in einer festen, unbeweglichen Stütze gelegt werden,
sich leicht drehen. Dieses Holz, nach der eben gegebenen 20
Beschreibung angefertigt, nennt man Achse. Dann befestigt
man auf der Mitte der Achse ein Rad, das mit einem
nach Maßgabe der Mitte der Achse angebrachten und zu
dem Maß der Achse passenden viereckigen Loch versehen
ist, damit die Achse und das Rad, wenn letzteres auf 25
ersterer befestigt ist, sich zusammen drehen. Dieses Rad
nennt man Peritrochion, dessen Übersetzung „das Umgebende“
ist. Wenn wir dies gethan haben, machen wir auf beiden

علاقة آ وبين الاحبال فيكون كما آ عند أط كذلك الثقل
الذى عند ح الى الثقل الذى¹⁾ عند ه فاذا صيرنا نسبة
ج الى أط كنسبة الثقل* الى الثقل²⁾ واخرجنا³⁾ علامتى
بج نحوزط على زوايا قائمة يظهر لنا ان الفلكة تحركت⁴⁾
من علامة ب الى علامة ز وتسكن وهذا القول ايضا فى⁵⁾
الاتقال الاخر فاذا قد يمكن ان يعادل كل ثقل ثقلا
اصغر منه على هذه الجهة ⊙ اما فى أول القول من مداخل
صناعة الحبل فيكفى بهذا واما فى الذى يتلوه فانا نختبر
عن الخمس قوى التى تحرك بها الاتقال ونشرح علتها
والفعل الطبيعى⁶⁾ فيها ونختبر باشياء* اخر تكون كثيرة¹⁰⁾
المنفعة فى حمل الاتقال ورفعها⁶⁾ ⊙

تمت المقالة الاولى من كتاب ايرن* فى رفع الاشياء

الثقيلة⁷⁾ ⊙

1) B om. 2) B om. 3) BCL add. على 4) K تحرك
BC تتحرك 5) B om. 6) B om. 7) B om.

fernung des Punktes α von den Fäden, und es verhält sich wie $\alpha\gamma$ zu $\alpha\vartheta$ so die Last bei η zur Last bei ε . Wenn wir das Verhältniß von $\gamma\alpha$ zu $\alpha\vartheta$ gleich dem (umgekehrten) Verhältniß von Last zu Last machen und die Punkte β, γ nach $\xi\vartheta$ unter rechtem Winkel verschieben, so zeigt es sich, daß die Rolle sich vom Punkte β nach dem Punkte ξ bewegt hat und in Ruhe ist. Dieselbe Überlegung gilt auch für andre Gewichte. Unter diesem Gesichtspunkt kann also jede Last einer Last, die kleiner als sie selbst ist, das Gleichgewicht halten. 5 10

Dies mag für das erste Buch der Einleitung in die Mechanik genügen. Im folgenden werden wir von den fünf Potenzen handeln, mittels derer Lasten bewegt werden, das, worauf sie sich gründen und wie die natürliche Wirkung bei ihnen eintritt, erläutern. Außerdem werden wir von 15 anderen Dingen reden, die beim Heben und Tragen der Lasten von großem Nutzen sind.

Ende des ersten Buches der Schrift des Hero über das Heben schwerer Gegenstände.

حبلى دح طه فان البعد الذى بين خط¹⁾ ج ز وبين الثقل
الذى عند علامة ه اعنى زط يكون عند سكون الميزان
كما²⁾ زح عند زط كذلك الثقل المعلق على علامة ه
عند الثقل المعلق على علامة د فان هذا قد تبين فيما

تقدم ٥

[٣٤] ولتكن فلكة اوبكرة متحركة على محور على مركز

آ وليكن قطرها خط ب ج موازيا للافق ولنعلق على³⁾
علامتى ب ج حبلين وهما زد ج ه ولنعلق فيهما اثقالا
متساوية فيظهر لنا ان البكرة لا تميل الى جهة من الجهات
لان الثقليين متساويان والبعدان اللذان من علامة آ¹⁰⁾
متساويان فليكن الثقل الذى عند د اعظم من الثقل الذى
عند ه فيظهر لنا ان الفلكة تميل الى جهة ب وتتحط علامة
ب مع الثقل فينبغى لنا ان نعلم الى اى موضع اذا انحط
ثقل د الاعظم تنسكن فلدحط علامة ب ونصيرها على علامة
ز وليكن حبل ب د على حبل زح فيسكن الثقل فيظهر لنا¹⁵⁾
ان حبل ج ه يلتقى على حافة الفلكة ويكون* معلقا على⁴⁾
الثقل على علامة ج لان ما كان منه ملتقا ليس هو متعلق
فدخرج زح الى علامة ط فمن اجل ان الثقليين معتدلان
تكون نسبة الثقل* الى الثقل⁵⁾ كنسبة البعد الذى* بين

1) Codd. علامة 2) BCL add. فى 3) B om. 4) B

متعلقا مع 5) BCL om.

befindliche Gewicht größer als das bei ϵ , so zeigt es sich, daß die Rolle nach β hin sich neigt und der Punkt β samt dem Gewichte sich senkt. Nun müssen wir erfahren, an welcher Stelle das größere Gewicht δ , wenn es sich senkt, zur Ruhe kommt. Senken wir also den Punkt β ϵ und lassen ihn nach ξ kommen und befinde sich dann der

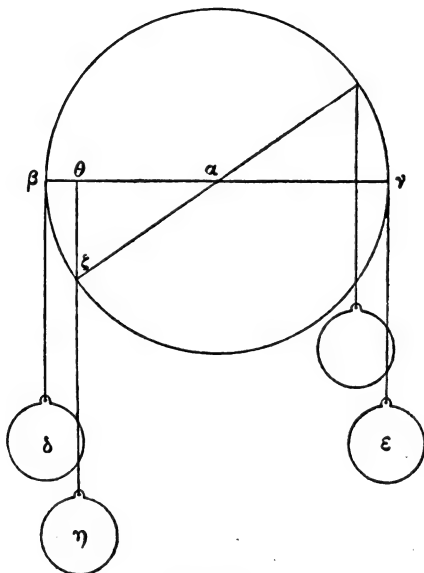


Fig. 21.

Faden $\beta\delta$ bei dem Faden $\xi\eta$, so daß das Gewicht stille steht. Es zeigt sich nun, daß der Faden $\gamma\epsilon$ sich um den Rand der Rolle aufgewickelt, und daß er vom Punkte γ aus an dem Gewichte hängt, weil der aufgewickelte Teil 10 desselben nicht mehr hängt. Verlängern wir nun $\xi\eta$ nach dem Punkte θ , so ist, weil die beiden Gewichte im Gleichgewicht sind, das Verhältnis des einen Gewichtes zum anderen gleich dem (umgekehrten) Verhältnis der Ent-

د^ه وليكن ايضا بعد تعليق الاثقال العمود معتدلا فقد
 برهن ارشميدس ان نسبة الثقل الى الثقل في هذا ايضا
 كنسبة البعد الى البعد بالمبادلة فاما في الاجسام غير

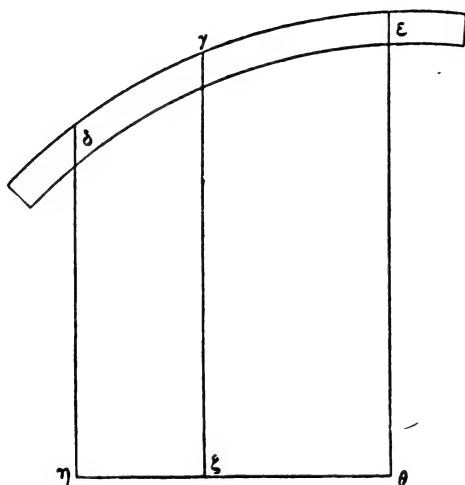


Fig. 30.

المرتبة¹⁾ المائلة البعد فانه ينبغي ان نتوهم فيها هذا
 نخرج الحبل الذي من علامة ج الى ما يلي علامة ز ونخرج
 خطا ونتوهم انه يخرج على علامة ز مساويا²⁾ لخط³⁾ ز ح ط
 وليكن ثابتا اعنى ان يكون على زاوية قائمة على الحبل
 فاذا كان الحبلان اللذان من علامتي د^ه هكذا اعنى

خط Codd. 3) مساو Codd. 2) الغير مرتبة Codd. 1)

führen: Schriften über die Hebel, bewiesen. Wenn wir nun von dem Wagebalken die auf jeder Seite befindlichen Stücke abschneiden, nämlich $\vartheta\alpha$ und $\kappa\beta$, so wird die Wage nicht mehr im Gleichgewicht sein.

33 Manche haben gedacht, daß die umgekehrte Proportionalität bei einer unregelmäßigen Wage nicht vorhanden sei. Denken wir uns also auch einen verschieden schweren und dichten Wagebalken von irgend einem Material, der sich im Gleichgewicht befindet, wenn er im Punkte γ aufgehängt ist. Wir verstehen an dieser Stelle unter Gleichgewicht 10 die Ruhe und das Verharren des Wagebalkens, auch wenn er nach irgend einer Seite geneigt ist. Dann hängen wir an beliebigen Punkten, nämlich δ und ε Gewichte auf, nach deren Aufhängen der Balken wieder im Gleichgewicht sei. Archimedes hat nun bewiesen, daß auch in diesem 15 Falle sich Gewicht zu Gewicht umgekehrt wie Abstand zu Abstand verhält. Was nun die unregelmäßigen Körper angeht, bei denen der Abstand geneigt ist, so müssen wir uns dabei folgendes vorstellen. Es werde der beim Punkte γ befindliche Aufhängefaden nach ζ hin verlängert. Ziehen 20 wir nun eine Linie und denken wir sie uns durch den Punkt ζ gehen, und der Linie $\zeta\eta\vartheta$ gleich; sie sei „fest“ d. h. senkrecht zu dem Faden. Da sich nun die beiden, bei den Punkten δ und ε befindlichen Fäden, nämlich $\delta\eta$ und $\varepsilon\vartheta$ so verhalten, so ist der Abstand, der zwischen der Linie $\gamma\zeta$ 25 und dem im Punkte ε aufgehängten Gewichte vorhanden ist, $\zeta\vartheta$, und bei Ruhe der Wage verhält sich wie $\zeta\eta$ zu $\zeta\vartheta$, so die im Punkte ε aufgehängte Last zu der im Punkte δ aufgehängten, was im Vorhergehenden bewiesen ist.

34 Sei eine runde Scheibe oder eine Rolle auf einer Achse 30 um den Mittelpunkt α beweglich; ihr Durchmesser, die Linie $\beta\gamma$, sei dem Horizont parallel. Hängen wir nun in den Punkten β und γ zwei Fäden auf, nämlich $\beta\delta$ und $\gamma\varepsilon$, an denen gleiche Gewichte hängen, so zeigt es sich uns, daß die Rolle sich nach keiner Seite hin neigt, weil die 35 beiden Gewichte gleich, und die beiden Abstände vom Aufhängepunkt α gleich sind. Sei nun das beim Punkte δ

بانقلاب وقد ينبغي ان لا¹ يقال هذا قولاً مرسل بل يميز²
 تمييزاً احسن³ فلنفرض عمود ميزان متساوي لثقل
 والشخن وهو \overline{AB} ولتكن علاقته⁴ التي هي علامة⁵ \overline{C} في
 وسط العمود وليعلق على علامات ما اى⁶ علامات كانت
 وهي علامتا \overline{D} \overline{E} حبال تكون حبل \overline{DZ} \overline{E} ولنعلق عليها⁷
 ثقلين وليكن الميزان بعد تعليق⁸ \overline{H} الثقل معتدلاً ولنتوهم
 الحبلين مخرجين على علامتى \overline{P} \overline{L} فيكون عند اعتدال
 الميزان كبعد \overline{P} عند بعد⁹ \overline{C} كذلك¹⁰ \overline{H} ثقل \overline{C} عند
 ثقل \overline{Z} فان هذا قد بينه¹¹ ارشميدس في كتبه التي تسمى
 كتب الامخال فان فصلنا من عمود الميزان ما¹² \overline{AB} يلى
 الجهتين جميعاً اعنى \overline{PA} \overline{LB} فان الميزان لا يعتدل \odot
 [٣٣] وقد ظن قوم ان المناسبة التي تكون
 بالمبادلة¹² فلنفرض ايضاً عمود ميزان مختلف الثقل
 والشخن من اى جسم كان وليكن معتدلاً اذا علق من
 علامة \overline{C} ومعنا في هذا الموضع في الاعتدال سكون¹⁵
 العمود وثباته وان كان مائلاً الى جهة من الجهات ثم
 نعلق اثقالاً ما على علامات اى علامات كانت وهي علامات

1) B om. 2) B om. 3) LCK آخر 4) B om.

5) B om. 6) B om. 7) LK تعديل 8) L om. 9) K

add. يكون 10) B اثبته 11) BC مما 12) LC

بالمعادلة

die Hälfte von $\alpha\beta$. Die Beziehung von $\zeta\beta$ zu $\alpha\gamma$ wurde eben erwähnt. Die Lasten, die sie trafen, bevor die in den Punkten ε, ζ angebrachten Gewichte aufgehängt wurden, sind ebenfalls bereits erwähnt; also ist alles genannt, was auf die beiden Stützen $\alpha\gamma$ und $\beta\delta$ entfällt. Wenn noch andre Gewichte angebracht werden, so erhalten wir nach derselben Methode Kenntniss davon, wieviel Gewicht auf jede von beiden Stützen entfällt.

32 Manche Leute glauben, daß, wenn bei den Wagen die Gewichte den Gewichten das Gleichgewicht halten, die Gewichte zu den Abständen in jenem umgekehrten Verhältnisse stehen.

Man darf dies aber nicht so allgemein behaupten, sondern man muß eine bessere Unterscheidung einführen. Nehmen wir einen gleichmäßig dicken und schweren Wagebalken an, nämlich $\alpha\beta$, dessen Aufhängepunkt, nämlich der Punkt γ , in

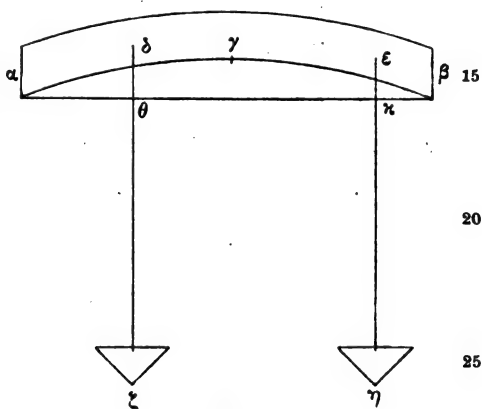


Fig. 19.

der Mitte desselben liege. Hängt man nun an beliebigen Punkten z. B. den Punkten $\delta\varepsilon$ Seile, nämlich die beiden Seile $\delta\zeta$ und $\varepsilon\eta$, an denen zwei Gewichte befestigt sind, auf, und befinde sich die Wage nach Aufhängen der Gewichte im Gleichgewicht. Denken wir uns die beiden Seile durch die Punkte ϑ und κ gehen, so wird beim Gleichgewichtszustand der Wage der Abstand $\vartheta\gamma$ sich zum Abstand $\gamma\kappa$ verhalten, wie das Gewicht η zum Gewichte ζ . Das hat Archimedes in seinen Schriften, die den Titel

[٣١] وليكن ثقل ما آخر ايضا متساوى الاجزاء والثقل وهو $\overline{اب}$ وليكن على قوائم متساوية الوضع هما $\overline{اج}$ $\overline{ب د}$ فيظهر لنا ان كل واحدة من القوائم ينالها نصف ثقل $\overline{اب}$ فلنعلق ثقلا على $\overline{اب}$ من علامة ϵ فان كانت علامة ϵ تفصل $\overline{اب}$ بنصفين فيظهر لنا ان كل واحدة من القوائم ينالها نصف ثقل $\overline{اب}$ ونصف الثقل المعلق على علامة ϵ او الموضوع عليها فان لم تكن علامة ϵ تفصله بنصفين وفصل الثقل بقسمين على نسبة $\overline{ب}$ الى $\overline{ا}$ فان ثقل الجزء المناسب $\overline{ب}$ ينال $\overline{اج}$ وثقل الجزء المناسب $\overline{ا}$ ينال $\overline{ب د}$ وايضا كل واحدة من القوائم ينالها نصف $\overline{اب}$ فان علقنا ثقلا آخر على علامة ζ وقسمناه ¹⁰ بنسبة $\overline{از}$ الى $\overline{ز ب}$ فان $\overline{د ب}$ ينالها ثقل الجزء المناسب $\overline{از}$ و $\overline{اج}$ ينالها ثقل الجزء المناسب $\overline{ز ب}$ فينال كل واحدة من القوائم نصف $\overline{اب}$ و $\overline{ز ب}$ عند $\overline{اج}$ ملفوظ وقد كانت الاثقال التي ينالها قبل ان تعلق الاثقال التي علفت على $\overline{ز}$ ملفوظة فاذا جميع الذى ينال قائمتى $\overline{اج}$ $\overline{ب د}$ ملفوظ ¹⁵ وايضا ان علفت اثقال اخر فيهذا ¹ العمل تخرج لنا معرفة كم ينال كل واحدة منها من الثقل \odot

[٣٢] وقد توهم قوم فى الموازين انه اذا عادت الاثقال الاثقال ² فان تلك ³ النسبة تكون للاثقال ⁴ الى الابعاد

1) Codd. بهذا

2) Codd. الابعاد

3) BCL بتلك

4) BCL الاثقال

auf einer oder beiden Seiten überragend ist, so wird sich uns ebenso auf dieselbe Weise klar ergeben, wieviel von der Last auf jeden der Träger kommt.

- 31 Sei nun eine andre, gleichfalls ebenmäßige und gleichmässig schwere Last gegeben, nämlich $\alpha\beta$, die auf Stützen 5 von gleicher Lage ruhe, nämlich $\alpha\gamma$ und $\beta\delta$. Dann ist klar, daß auf jede der Stützen die Hälfte der Last $\alpha\beta$ fällt.

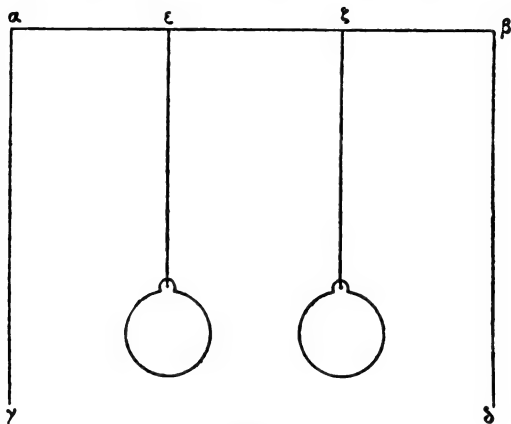


Fig. 18.

Hängen wir nun an $\alpha\beta$ im Punkte ϵ irgend ein Gewicht. Halbiert der Punkt ϵ $\alpha\beta$, so ist klar, daß auf jede der Stützen die Hälfte der Last $\alpha\beta$ und die Hälfte des im 10 Punkte ϵ aufgehängten oder aufgelegten Gewichtes entfällt. Halbiert der Punkt ϵ die Last aber nicht, und teilt man die Last nach dem Verhältnis von $\beta\epsilon$ zu $\epsilon\alpha$, so fällt das Gewicht des $\epsilon\beta$ proportionalen Teiles auf $\alpha\gamma$ und das Gewicht des $\epsilon\alpha$ proportionalen Teiles auf $\beta\delta$, 15 außerdem trägt jede der Stützen die Hälfte von $\alpha\beta$. Hängen wir nun ein andres Gewicht im Punkte ζ auf, und teilen wir es im Verhältnis von $\alpha\zeta$ zu $\zeta\beta$, so fällt auf $\delta\beta$ das Gewicht des $\alpha\zeta$, und auf $\alpha\gamma$ das Gewicht des $\zeta\beta$ proportionalen Teiles; und es trifft jede der Stützen 20

فاضلا¹) ونريد ان نعلم كل واحدة من القوائم كم ينالها من الثقل لانّا²) قد بينّا انه اذا كان ثقل از موضوعا على جـ د اب فان جـ د ينالها من الثقل اكثر من اب بقدر ضعف* جـ ز واذا كان جـ ه موضوعا على جـ د اب فان³) اب⁴) ينالها من الثقل اكثر من جـ د بقدر ضعف⁵) اه فيظهر لنا ان جـ د⁵ ينالها من الثقل اكثر مما ينال اب بقدر زيادة ضعف جـ ز على ضعف اه فان كان جـ ز ه متساويين فان الذى ينال كل واحدة من جـ د اب من الثقل متساو فبالقدر الذى يكون البعد اعظم بذلك القدر ينال تلك القائمة من زيادة الثقل ٥) ومما تقدّم من قولنا يظهر لنا انه اذا⁶) كان على 10 اساطين او قوائم عوارض او حائط متساوى الثخن والثقل وكانت الابعاد التى بينها مختلفة كيف كانت فانه قد يمكننا ان نعلم ايّما من القوائم* ينالها ثقل اعظم⁷) وكم زيادة الثقل فان كان على القوائم عوارض او غير ذلك فانه يظهر لنا ايضا⁸) بهذا العمل وكذلك ايضا⁹) اذا كان 15 عود¹⁰) او حجر يحمله اناس¹¹) على اعضادهم او على وهق¹²) وكان بعضهم فى وسطه وبعضهم فى طرفه وإن كان الثقل فاضلا¹³) من جهة واحدة او من جهتين فانه قد يظهر لنا كم ينال¹⁴) كل واحد من الحاملين من الثقل¹⁵) ٥)

(جهل ms.) مجرور (محروور) فى احد طرف الثقل كل واحد طرفا من الخشب

der Last, so ergibt sich, daß auf $\gamma\delta$ um so viel mehr von der Last kommt als auf $\alpha\beta$, als der Überschufs des Doppelten von $\gamma\zeta$ über das Doppelte von $\alpha\epsilon$ beträgt. Wenn nun $\gamma\zeta$ und $\alpha\epsilon$ gleich sind, so ist das auf $\gamma\delta$ und $\alpha\beta$ fallende Gewicht gleich. Je größer aber der Abstand wird, desto mehr von dem Überschusse der Last entfällt auf jene Stütze.

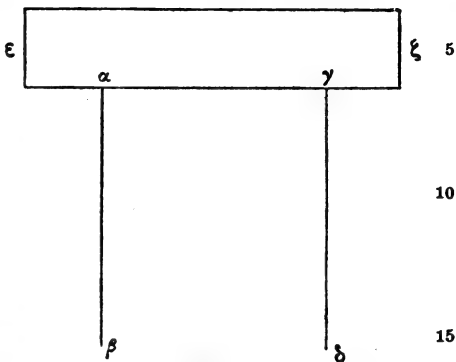


Fig. 17.

Aus dem Vorhergesagten erhellt, daß, wenn auf Säulen oder Stützen Querbalken oder eine Mauer, die gleichmäßig schwer und dick ist, liegt, und die Abstände zwischen ihnen 20 beliebig verschieden sind, wir erfahren können, auf welche Stütze ein größeres Gewicht fällt und wie groß der Überschufs ist. Wenn auf den Stützen Querbalken oder sonst etwas liegt, so ergibt es sich nach derselben Methode. Wenn ferner Leute auf den Schultern 25 oder in einer Schlinge einen Balken tragen, einige in der Mitte, andre an den Enden desselben, und wenn die Last

- 1) Codd. om. 2) LK أنا 3) CL om. 4) CL om.
 5) B om. 6) LC متى 7) L عظيم 8) B om. 9) Codd.
 add. فاته 10) K عمود 11) LK فاس 12) B دهن
 L دهر KC دهق 13) Codd. om. 14) B om. 15) B
 add. كانت في نسخة الاصل اربعة اناس (الاس. ms.) تحمل
 كل اثنين منهم خشبا مجرورا (محرورا. ms.) في حبل

الاشياء الظاهرة فانّ الرجلين يحركان ثقلا ما بسهولة
لا يحركه الرجل الواحد ولو استعمل قوّته كلّها فيظهر لنا
ان الثقل انما تحرك لما زيدت قوّه الرجل الثانى فاما
ان الرجل الثانى وحده لا يحرك الثقل فانّ ذلك ظاهر
لأنه ان سخا الرجل الاول وتركه على الثانى وحده لم
يحركه فان قسم الثقل بنصفين فانّ الرجل الاول وحده يحرك
نصف الثقل ويبقى النصف الآخر ثابتا فيظهر لنا ان النصف
الذى حرّكه الرجل الواحد كان يجتنبه النصف الاخر
قبل ان يفصل منه وكذلك ايضا اذا كانت قوى كثيرة تحرك
ثقلا ما ونقص من تلك القوى قوه واحده فان جميع ¹⁰
القوى بعد ان ننقص القوه الواحده لا تحرك الثقل فان
ابتدت القوه المجمعة ان تقلّ ذلك الثقل ¹ فان عند
زيادة القوه المفروضة الباقية يتحرك الثقل حركة سهلة
وقد يظهر لنا ذلك ايضا فى الضربات لان الشىء الذى
ينتهشم بالضربات الكثيرة اذا زيدت عليه ضربة واحده رّضته ¹⁵
ليس باجتماع تلك فقط لكن بها ايضا وحدها وذلك
قد يظهر فى المحسوسات لأنه اذا كنّا نحمل ² ثقلا ما
وكان فى ثقله ما نقوى عليه لكن بعد تعب وألم فيظهر لنا
ان قوتنا قدر ذلك الثقل ○

[٣٠.] فلنفرض قوائم $\overline{اب}$ $\overline{ج د}$ وعليها جسم ما متساوى ²⁰

الثقل والشخن وهو $\overline{ه ز}$ وليكن على كل واحدة من القوائم

große Lasten nicht bewegen können, ist durch klare Vorgänge bewiesen; denn zwei Mann bewegen mit Leichtigkeit eine Last, die einer, auch mit Aufbietung seiner ganzen Kraft, nicht bewegt. Es ist also klar, daß sich die Last nur bewegen läßt, wenn die Kraft des zweiten Mannes hinzu- 5 tritt. Daß der zweite Mann allein die Last nicht bewegt, ist klar; denn wenn der erste Mann ruht, und sie dem zweiten überläßt, so bewegt er sie nicht. Wenn aber die Last in zwei Hälften geteilt wird, so bewegt der erste Mann die Hälfte der Last, und die andre Hälfte bleibt 10 ruhig. Es zeigt sich also, daß die Hälfte, die ein Mann bewegt, von der anderen Hälfte gezogen wurde, ehe sie von ihr getrennt war. Ebenso bewegen, wenn viele Kräfte eine Last bewegen, und von diesen Kräften eine weggenommen wird, alle Kräfte nach Wegnahme jener einen 15 die Last nicht mehr. Wenn aber die wiedervereinigte Kraft jene Last zu heben beginnt, so bewegt sie durch den Zutritt jener übrigen gegebenen Kraft die Last leicht. Ebenso zeigt sich dies beim Schlagen, weil ein Gegenstand, der durch viele Schläge mürbe geworden ist, durch 20 Hinzufügung eines einzigen Schlages in Stücke bricht, nicht nur durch die Vereinigung derselben, sondern auch durch diesen allein. Dies zeigt sich auch bei den Empfindungen; denn wenn wir eine Last heben, deren Gewicht wir, wenn auch mit Anstrengung und Mühe 25 bewältigen, so kommt unsere Kraft offenbar jener Last gleich.

- 30 Nehmen wir nun die Stützen $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$ an, und ruhe auf ihnen ein gleichmäßig schwerer und dicker Körper, nämlich $\varepsilon\zeta$, der über jede der Stützen hinausragt. 30 Wir wollen wissen, wieviel von der Last jede einzelne der Stützen trifft. Weil wir bewiesen haben, daß, wenn die Last $\alpha\zeta$ auf $\gamma\delta$ und $\alpha\beta$ liegt, auf $\gamma\delta$ um das Doppelte von $\gamma\zeta$ mehr kommt als auf $\alpha\beta$; und wenn $\gamma\varepsilon$ auf $\gamma\delta$ und $\alpha\beta$ liegt, auf $\alpha\beta$ um das Doppelte von $\alpha\varepsilon$ mehr von 35

1) B om. 2) LC om.

الثقل صار الذى¹) ينال قائمة أب من الثقل اكثر مما كان
ينالها قبل ذلك بقدر نصف* هـ اعنى بقدر نصف²)
هـ وصار الذى ينال هـ اقل مما كان ينالها أولا بقدر هـ
فيكون الذى ينال دـ من الثقل على هذا القول نصف هـ
لان القائمة التى زيدت تحت الثقل نقصت مما ينال هـ³
قدرا مساويا لثقل هـ وزادت على قائمة أب ثقلا مساويا
لنصف هـ فتكون دـ ينالها نصف ثقل هـ الباقي وقد
كان هذا المقدار ينالها على العمل الآخر فمن هاهنا يظهر لنا
انه اذا كان ثقل ما على قوائم تحمله وزيد على تلك
القوائم قائمة اخرى فان احدى القوائم الاولى التى هى⁴
الاولى ينالها من الثقل اكثر مما كان ينالها قبل الزيادة
والقائمة الاخرى ينالها من الثقل اقل مما كان ينالها قبل
الزيادة ومن اجل انه لما كانت القوائم أب هـ دـ
كان⁵) الذى ينال أب نصف اهـ ولما نقص دـ كان الذى
ينال أب نصف ثقل اـ ظهر لنا أن هـ لما ان تعلّق صار⁶
فى هيئة مخل فحمل بعض الثقل الذى كان على أب وزاد
على هـ اكثر مما كان عليها من الثقل أولا وثقل اـ ثابت
فى مكانه ٥

[٢٩] فاما انه لا يمكن ان تحرك القوى اليسيرة اثقالا

عظاما⁴) بلا حيلة تستعمل فيها فان ذلك قد تبين من²⁰

عظيما 1) Codd. om. 2) B om. 3) B om. 4) Codd.

Stütze $\gamma\delta$ die Hälfte des Gewichtes von $\gamma\epsilon$, endlich die Stütze $\epsilon\zeta$ die Hälfte des Gewichtes von $\alpha\gamma$ trifft. Bevor wir die Stütze $\gamma\delta$ einsetzten, haben wir gezeigt, wieviel Gewicht auf jede

der Stützen $\alpha\beta$ und $\epsilon\zeta$ entfällt.

Es ist also klar, daß auf die Stütze $\alpha\beta$, nachdem die Stütze $\gamma\delta$ unter die Last kam, mehr von der Last kommt, als vorher, und zwar um die Hälfte von $\epsilon\eta = \epsilon\gamma$ mehr, auf $\epsilon\zeta$ aber um $\epsilon\gamma$

weniger. Hierach kommt also auf $\gamma\delta$ die Hälfte von $\epsilon\gamma$, weil die unter der Last hinzugefügte Stütze von dem, was $\epsilon\zeta$ trifft, einen $\epsilon\gamma$ gleichen Betrag hinwegnahm 20 und $\alpha\beta$ einen der Hälfte von $\epsilon\gamma$ gleichen Betrag hinzufügte; also trifft $\gamma\delta$ die andre Hälfte von $\epsilon\gamma$. Soviel traf sie auch nach dem andern Verfahren.

Daraus erhellt, daß, wenn eine Last auf Stützen ruht, die sie tragen, und man diesen Stützen eine andre 25 hinzufügt, die erste der früheren Stützen mehr von der Last trifft als vor der Hinzufügung, und die andre weniger als sie vor der Hinzufügung traf. Weil nun, während $\alpha\beta$, $\epsilon\zeta$ und $\gamma\delta$ die Stützen waren, das auf $\alpha\beta$ Entfallende die Hälfte von $\alpha\epsilon$ war, nachdem aber $\gamma\delta$ weggenommen 30 war, das auf $\alpha\beta$ Entfallende die Hälfte des Gewichtes von $\alpha\eta$ ist, so zeigt es sich, daß $\epsilon\gamma$ dadurch, daß es schwebend wurde, als Hebel wirkte und einen Teil des auf $\alpha\beta$ ruhenden Gewichtes übernahm, auf $\epsilon\zeta$ dagegen größeres Gewicht wälzte, als vorher auf diesem geruht hatte, 35 während die Last $\alpha\gamma$ ihren Platz behielt.

29 Daß kleine Kräfte ohne Anwendung einer Maschine

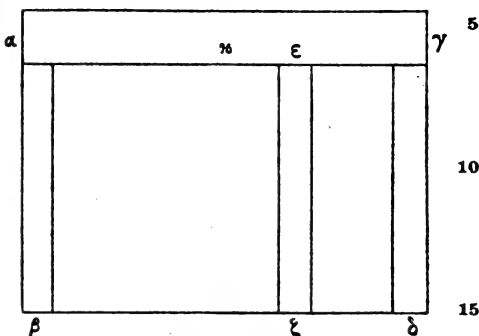


Fig. 16.

حـ يكون ثابتا على هـ ز وحدها¹⁾ ويكون نصف اـ حـ على كل واحدة من قائمتي اـ بـ حـ ط فاذا نقصنا²⁾ قائمة حـ ط تكون لعلامة حـ قوّة القائمة بعد ان يكون الجسم ملتصقا فتكون اـ بـ ينالها نصف ثقل حـ اـ وهـ ز ينالها الباقي اعنى حـ حـ ونصف اـ حـ اعنى اذا توهمنا اـ حـ مفصولا بنصفين على³⁾ علامة لا يكون له نصف اـ حـ فاذا كانت القائمة التى كانت اولا عند هـ تحت علامة لا فانه ينالها ثقل جميع اـ حـ وكلما تباعدت القائمة من الفصل الذى يقسم الثقل بنصفين فانّ بذلك القدر ينال اـ بـ من الثقل ويكون باقى الثقل على القائمة الاخرى ٥

10

[٢٨] . واذا كان هذا هكذا فلنفرض قائمتين هما اـ بـ هـ ز موضوعة الوضع الذى ذكرناه قبل هذا وليكن ثقل هـ حـ فاضلا ولنقسم اـ حـ بنصفين على علامة لا فقد يتبين ان قائمة اـ بـ ينالها* ثقل له وقائمة هـ ز ينالها³⁾ باقى ثقل اـ حـ ولنفرض تحت علامة حـ قائمة وهى قائمة حـ دـ فيتبين¹⁵⁾ ايضا ان قائمة اـ بـ ينالها نصف ثقل هـ اـ وقائمة دـ حـ ينالها نصف ثقل* هـ حـ وقائمة هـ ز ينالها نصف⁴⁾ ثقل اـ حـ ومن قبل ان نضع قائمة حـ دـ يتبين كم ينال كل واحدة من اـ بـ هـ ز من الثقل⁵⁾ فظاهر لنا ان قائمة حـ دـ لما ان صيرت تحت

1) Codd. وحده 2) K add. منه 3) B om. 4) BCL add. من 5) B om.

die Hälfte von $\alpha\eta$ ruht auf jeder einzelnen der beiden Stützen $\alpha\gamma$ und $\eta\delta$. Wenn wir nun die Stütze $\eta\delta$ wegnehmen, erhält der Punkt η die Kraft derselben, wenn der Körper zusammenhaftet, und auf $\alpha\beta$ entfällt die Hälfte

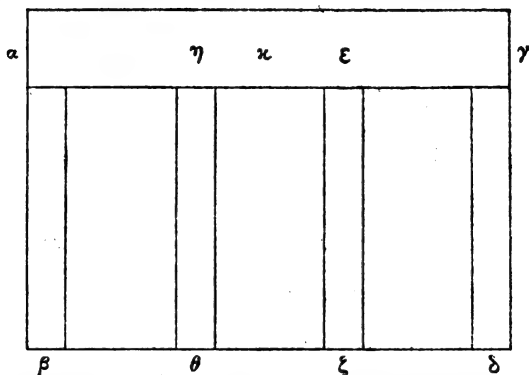


Fig. 15.

des Gewichtes von $\eta\alpha$, auf $\epsilon\xi$ der Rest, nämlich $\gamma\eta$ und die Hälfte von $\alpha\eta$; wenn wir uns $\alpha\gamma$ im Punkte κ halbiert denken, so ist $\kappa\epsilon$ die Hälfte von $\alpha\eta$. Wenn nun die Stütze, die zuerst bei ϵ war, unter den Punkt κ rückt, so trifft sie das Gewicht von ganz $\alpha\gamma$. Und je weiter sich die Stütze von dem Schnittpunkt, der die Last halbiert, entfernt, umsomehr bekommt $\alpha\beta$ von der Last, während der Rest derselben auf der anderen Stütze ruht.

- 28 Wenn sich dies so verhält, so wollen wir zwei Stützen annehmen, nämlich $\alpha\beta$ und $\epsilon\xi$ in der vorerwähnten Lage und die Last $\epsilon\gamma$ sei überragend. Teilen wir nun die Last im Punkte κ in zwei Hälften, so haben wir bewiesen, daß das Gewicht $\kappa\epsilon$ auf $\alpha\beta$ und der Rest der Last $\alpha\gamma$ auf $\epsilon\xi$ fällt.

Nehmen wir nun unter dem Punkte γ eine Stütze an, nämlich die Stütze $\gamma\delta$, so ist ebenfalls bewiesen, daß die Stütze $\alpha\beta$ die Hälfte des Gewichtes von $\alpha\epsilon$ und die

ا ح و ح ط ينالها نصف ه ب و نصف ا ه ونصف¹⁾ ح ب*
 ونصف ا ح²⁾ ونصف ه ب هو جميع ا ب وهو الموضوع على
 جميع الاساطين وان كانت الاساطين اكثر فانا بهذا
 العمل نعرف كم ينال كل واحدة منها من الثقل ٥
 [٢٧] واذا كان هذا³⁾ هكذا فلنفرض قوائم ا ب ح د⁴⁾
 متساوية الوضع وليكن عليها جسم ما متساوي العظم
 والثقل وهو ا ح وقد كنا قلنا ان كل واحدة من قائمتي
 ا ب ح د ينالها نصف ثقل ا ح فلننقل قائمة ح د ونقربها الى
 ا ب وليكن موضع ه ز فنريد ان نعلم ايضا* اى شىء⁴⁾ ينال
 ا ب ه ز من الثقل فنقول ان بعد ا ه ا ما ان يكون مساويا¹⁰⁾
 لبعد ه ج واما ان يكون اصغر منه واما ان يكون اعظم منه
 فليكن اولاً⁵⁾ مساويا له فيظهر لنا ان ثقل ا ه يعادل ثقل ه ج
 فان نحن اخرجنا قائمة ا ب يقيم ثقل ا ح ثابتا على حاله
 فيظهر لنا ان قائمة ا ب لم يكن ينالها من الثقل شىء واما
 كان ثقل ا ح على ه ز وحدها⁶⁾ فان كان بعد ه ج* اعظم¹⁵⁾
 من بعد ه ا فان ثقل ا ح ينحط الى ما يلى ج فليكن بعد
 ه ج⁷⁾ اصغر من بعد ه ا وليكن ه ج مساويا له ا فاذا ج ح
 يكون معتدلا على ه ز وحدها⁶⁾ ولنضع ركنا ما على ح ط
 فان توهمنا ان جميع الثقل قد فصل على علامة ح فان

1) B om.

2) LC om.

3) BCL om.

4) B ايش

5) L om.

6) Codd. وحده

7) B om.

von $\varepsilon\beta$ fällt. Die Hälfte von $\alpha\varepsilon$ plus der Hälfte von $\eta\beta$ plus der Hälfte von $\alpha\eta$ plus der Hälfte von $\varepsilon\beta$ ist aber das Ganze $\alpha\beta$, und das ist es, was auf den Säulen zusammen liegt. Wenn der Säulen noch mehr sind, so erkennen wir durch dasselbe Verfahren, wieviel Gewicht 5 auf jede von ihnen kommt.

- 27 Wenn dem so ist, so nehmen wir die Stützen $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$ in gleicher Lage an; es liege auf ihnen ein gleichmäÙsig dicker und schwerer Körper, nämlich $\alpha\gamma$. Wir haben eben gesagt, 10 dafs auf jede der beiden Stützen $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$ die Hälfte des Gewichtes von $\alpha\gamma$ fällt. Versetzen wir nun die Stütze $\gamma\delta$ und nähern sie $\alpha\beta$, nämlich an die Stelle $\varepsilon\zeta$, so wollen wir wissen, was von dem Gewichte auf $\alpha\beta$ und $\varepsilon\zeta$ entfällt. Wir behaupten nun, dafs die Entfernung $\alpha\varepsilon$ ent- 15 weder gleich der Ent-

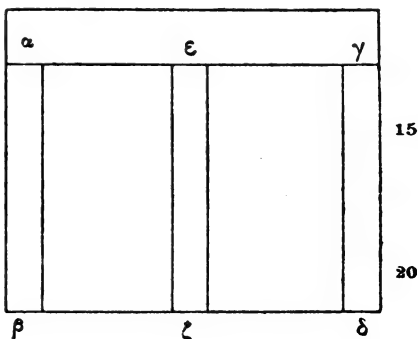


Fig. 14.

fernung $\varepsilon\gamma$ oder kleiner oder gröÙser als dieselbe ist. Sie sei 25 zuerst ihr gleich, so zeigt es sich uns, dafs das Gewicht von $\alpha\varepsilon$ dem Gewichte von $\varepsilon\gamma$ das Gleichgewicht hält. Wenn wir also die Stütze $\alpha\beta$ wegnehmen, bleibt das Gewicht $\alpha\beta$ ruhig in seiner Lage, und es zeigt sich uns, dafs auf die Stütze $\alpha\beta$ nichts von dem Gewichte entfiel, sondern 30 das Gewicht $\alpha\gamma$ war nur auf $\varepsilon\zeta$. Wenn nun die Entfernung $\gamma\varepsilon$ gröÙser als die Entfernung $\varepsilon\alpha$ ist, so neigt sich die Last nach γ hin. Sei nun der Abstand $\gamma\varepsilon$ kleiner als der Abstand $\varepsilon\alpha$ und sei $\gamma\varepsilon$ gleich $\varepsilon\eta$, so ruht $\gamma\eta$ im Gleichgewicht auf $\varepsilon\zeta$ allein. Setzen wir nun bei η einen 35 Pfeiler ein, so ruht, wenn wir die ganze Last bei dem Punkte η durchschnitten denken, $\eta\gamma$ auf $\varepsilon\zeta$ allein, und

[٢٩] فليكن ثقل متساوى الثخن متساوى الاجزاء
 على الاساطين وغواب وليكن موضوعا على اسطوانتين وهما
 آج بـ د فنكون كل واحدة من اسطوانتي آج بـ د ينالها
 نصف ثقل اب فلتكن ايضا اسطوانة اخرى وهى هـ ز وتفصل
 بعد اب كيف ما وقع فنريد ان نعرف كل واحدة من
 اساطين آج هـ ز بـ د كم ينالها من الثقل فلتنوّم ثقل اب
 مقسوما على علامة هـ قسمة على خط^١ قائم على اسطوانة
 فيظهر لنا ان جهة اه ينال كل واحدة من اسطوانتي
 آج هـ ز نصف ثقلها وجهة هـ ب ينال كل واحدة من اسطوانتي
 هـ ز بـ د نصف ثقلها لانه لا يكون اختلاف فيما ينال
 الاساطين اذا كان الموضوع عليها متصلا او كان منفصلا
 لانه متصلا* مكان او منفصلا^٢ فان جميعه على الاسطوانة
 فاذا اسطوانة هـ ز ينالها نصف ثقل هـ ب ونصف ثقل اه اعنى
 نصف جميع ثقل اب واسطوانة آج ينالها نصف ثقل اه
 واسطوانة بـ د ينالها نصف ثقل هـ ب فان قسما نصف اب^٣
 على نسبة بعد اه^٣ الى بعد هـ ب فان ثقل القسم المشابه
 لنسبة اه ينال آج والثقل المناسب لبعد هـ ب ينال بـ د
 وايضا فلتضع اسطوانة اخرى وهى حـ ط فيظهر لنا ان آج
 ينالها نصف اه* و بـ د ينالها نصف حـ ب وهـ ز ينالها نصف

1) B حائط 2) B om. 3) Codd. اب

$\beta\delta$ wissen, wieviel von der Last auf sie kommt. Denken wir uns nun die Last $\alpha\beta$ im Punkte ε nach einer auf der Säule Senkrechten geteilt, so zeigt es sich, daß der Teil $\alpha\varepsilon$ jede der beiden Säulen $\alpha\gamma$, $\varepsilon\zeta$ mit seinem halben

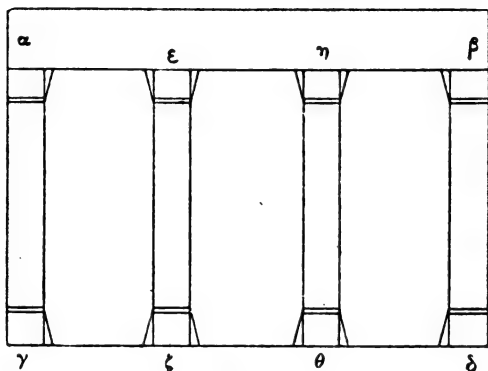


Fig. 13.

Gewichte und der Teil $\varepsilon\beta$ jede der beiden Säulen $\varepsilon\beta$, $\beta\delta$ 5 mit seinem halben Gewichte trifft, weil es keinen Unterschied für das, was die Säulen trifft, macht, ob der daraufgelegte Gegenstand zusammenhängend oder unterbrochen ist; denn mag er zusammenhängend oder unterbrochen sein, er ruht ganz auf der Säule. Auf die Säule $\varepsilon\zeta$ 10 kommt also die Hälfte des Gewichtes von $\varepsilon\beta$ und die Hälfte des Gewichtes von $\alpha\varepsilon$, d. i. die Hälfte des ganzen Gewichtes von $\alpha\beta$; und auf die Säule $\alpha\gamma$ kommt die Hälfte des Gewichtes von $\alpha\varepsilon$, auf $\beta\delta$ die Hälfte von $\varepsilon\beta$. Teilen wir nun die Hälfte von $\alpha\beta$ im Verhältnis des Ab- 15 standes $\alpha\varepsilon$ zum Abstände $\varepsilon\beta$, so fällt das Gewicht des $\alpha\varepsilon$ proportionalen Teiles auf $\alpha\gamma$ und das der Entfernung $\varepsilon\beta$ entsprechende Gewicht auf $\beta\delta$.

Stellen wir nun noch eine Säule auf, $\eta\theta$, so ergibt sich, daß auf $\alpha\gamma$ die Hälfte von $\alpha\varepsilon$, auf $\beta\delta$ die Hälfte 20 von $\eta\beta$, auf $\varepsilon\zeta$ die Hälfte von $\alpha\eta$ und auf $\eta\theta$ die Hälfte

ملاقاته لهما على علامة تقاطعهما يجب ان يكون بعض
 الخط في سطح وباقيه في سطح^(١) آجر فاذا جميع
 الخطوط التي للعلاقة تجتمع الى علامة واحدة وهى التى
 تسمى مركز الميل والثقل ○

- [٢٥] وقد يجب باضطرار ان نوضح شيئا في الكبس^٥
 والنقل والحمل على جهة الكمية ما يكون يصلح للمدخل
 فان ارشيدس قد استعمل في هذا الجزء صناعة متقنة
 فى كتابه المسمى كتاب القوائم ونحن نضع ما نحتاج
 اليه منه فى اشياء اخرى واما الآن فانا نستعمل من ذلك ما
 كان على قدر^(٢) الكمية على ما يصلح للمتعلين والجهة فى^{١٠}
 ذلك هى هذه اذا كانت اساطين كم كانت وكان عليها
 عوارض او حائط ما وكان موضوعا* عليها وضعا^(٣) متساويا
 او كان مختلف الوضع على اطرافها وكان زائدا على احد
 الطرفين او على الطرفين جميعا وكان البعد الذى يبين
 الاساطين متساويا او مختلفا فانا نريد ان نعرف كم ينال^{١٥}
 كل واحدة من الاساطين من الثقل ومثال^(٤) ذلك انه^(٥)
 اذا كانت خشبة طويلة مجتمعة الثقل وكان رجال يحملونها
 متساويين فى طول الخشبة وفى اطرافها ويكون احد
 اطرافها فاضلا او جميعها فانا^(٦) نريد ان نعرف كل واحد
 من الرجال كم يناله^(٧) من الثقل فان المطلوب فى^{٢٠}
 جميعها واحد ○

Also vereinigen sich alle Linien, die zum Aufhängen dienen, in einem Punkte, nämlich demjenigen, der Neigungs- und Schwerpunkt genannt wird.

25 Es ist nun dringend notwendig einige Erklärungen über den Druck, den Transport und das Tragen mit Rücksicht auf die Quantität zu geben, wie sie sich zu einer Einleitung eignen. Denn Archimedes hat bereits über diesen Teil ein sicheres Verfahren in seinem Buche, das den Titel „Buch der Stützen“ führt, eingeschlagen. Wir wollen davon das übergehen, was wir für andre 10 Dinge nötig haben und jetzt davon das, was sich auf den Betrag der Quantität bezieht, benützen, wie es sich für die Studierenden eignet. Der allgemeine Gesichtspunkt hierbei ist dieser: Wenn man beliebig viele Säulen hat und auf diesen Querbalken oder eine Mauer liegen, und 15 zwar in gleicher oder verschiedener Lage auf den beiden äußersten derselben (der Säulen), so daß sie über eine derselben oder beide zugleich hinausragen, und wenn die Entfernung zwischen den Säulen gleich oder verschieden ist, so wollen wir erfahren, wieviel von der Last jede der 20 Säulen trifft. Ein Beispiel dafür ist folgendes: Wenn man einen langen Balken von gleichmäßigem Gewicht hat, den gleichmäßig auf die Länge und die Enden des Balkens verteilte Männer tragen, und eines oder beide der Enden überragt, so wollen wir von jedem Manne 25 wissen, wieviel von der Last auf ihn kommt; denn die Frage ist in beiden Fällen gleich.

26 Es liege also eine gleichmäßig dicke und gleichmäßig dichte Last, $\alpha\beta$, auf Säulen. Sie liege auf zwei Säulen, nämlich $\alpha\gamma$ und $\beta\delta$; so trifft jede der beiden Säulen $\alpha\gamma$, 30 $\beta\delta$ die Hälfte der Last $\alpha\beta$. Sei nun noch eine dritte Säule $\varepsilon\zeta$ vorhanden, und teile sie die Entfernung $\alpha\beta$ beliebig; so wollen wir von jeder der Säulen $\alpha\gamma$, $\varepsilon\zeta$,

1) B om. 2) LC om. 3) LC om. 4) BCL مثل

5) BCL أيضا K om. 6) Codd. om. 7) B بنوة

على ذلك الخط فاذا اخرج ذلك الخط فانه ينفذ في الجسم
 فان وقع الخط المخرج خارج الجسم فان السطح المخرج
 عليه يقع ايضا خارج الجسم وذلك قد ظهر انه غير ممكن
 فاذا الخط ينفذ في الجسم ويقسمه بقسمين معتدلين
 فان توهمنا علامة⁽¹⁾ الاعتدال علامة اخرى ايضا غير تلك⁵
 فانه قد يعرض في ذلك ايضا مثل الذي عرض في الاول
 اعني ان يكون الخط المخرج على تلك العلامة ينفذ في
 وسط الجسم فيكون الخطان متباينين فاذا اخرج عليهما
 سطحان لم يتقاطعا فانه قد يمكن ان يخرج على خطين
 سطحان لا يتقاطعان فيعرض في هذا مثل الذي عرض¹⁰
 في الاول فيكون هذا غير ممكن فمن اجل هذا نعلم ان
 السطوح تتقاطع والخطوط تتلاقى فنكون في سطح
 واحد فاذا اخرج ذلك السطح الى بسيط الجسم فانه
 يفعل خطا على علامات⁽²⁾ التقاطع فنكون علامة ثالثة واقعة
 خارجا عن⁽³⁾ هذا الخط ونتمهم هذه العلامة علامة⁽⁴⁾¹⁵
 المعادلة ايضا يكون الجسم معتدلا عليها ونخرج من
 العلامة خطا* في وسط الجسم⁽⁵⁾ فللذي تقدم من قولنا
 اذا اخرج هذا الخط يقع على ذلك الخطين⁽⁶⁾ اللذين⁽⁷⁾
 اخرج السطح⁽⁸⁾ عليهما⁽⁹⁾ ولا يقع على علامة اخرى غير علامة
 تلاقيهما لانه اذا لاقى خط ما خطين متقاطعين وهو في²⁰
 سطح* آخر فانه يلاقيهما على علامة تقاطعهما فان لم تكن

aufserhalb desselben; das ist, wie wir eben gesehen, unmöglich. Also geht die Linie durch den Körper und teilt ihn in zwei das Gleichgewicht haltende Teile. Nehmen wir nun als Gleichgewichtspunkt einen anderen als diesen Punkt an, so zeigt sich hierbei dasselbe wie bei dem ersten, 5
dafs nämlich die durch jenen Punkt gezogene Linie mitten durch den Körper geht, so dafs die beiden Linien von einander entfernt sind. Wenn nun durch dieselben zwei Ebenen gelegt werden, so schneiden sich dieselben nicht; denn man kann durch zwei Linien zwei Ebenen legen, 10
die sich nicht schneiden. Es tritt also hier dasselbe ein wie im ersten Fall; es ist also nicht möglich. Daran sieht man, dafs die Ebenen sich schneiden und die Linien sich treffen, so dafs sie in eine Ebene fallen.

Wenn nun diese Ebene nach der Oberfläche des Körpers 15
gezogen wird, so macht sie den Schnittpunkten gemäß eine Linie. Dann giebt es einen dritten aufserhalb dieser Linie fallenden Punkt. Nehmen wir nun diesen Punkt ebenfalls als Gleichgewichtspunkt an, über welchem der Körper im Gleichgewicht ruht, und ziehen wir durch 20
diesen Punkt eine Stützzlinie, so wird diese Linie, nach dem bereits Gesagten, wenn sie gezogen wird, auf jene zwei Linien, durch welche die Ebene gelegt wurde, stossen, aber nicht auf einen anderen Punkt, aufser ihrem Schnittpunkt. Denn wenn irgend eine Linie zwei sich schneidende 25
Linien trifft, jene aber in einer anderen Ebene liegt, so trifft sie dieselben in ihrem Schnittpunkte. Wenn aber ihr Zusammentreffen mit den beiden nicht in ihrem Schnittpunkte stattfindet, so liegt notwendigerweise ein Teil der Linie in einer Ebene, und der Rest in einer anderen. 30

-
- 1) B om. 2) Codd. علامة 3) Codd. على 4) Codd.
om. 5) Codd. على بسيط الجسم 6) Codd. الخط
7) Codd. الذى 8) BCL K السطحان 9) Codd. عليه

كقدر ابعادها، المبادلة من العلامات التى هى معلقة عليها
 اما ان تكون الاثقال المعلقة على هذه الجهة متعادلة
 الميل⁽¹⁾ فان ارشبيدس قد بين ذلك فى كتبه فى
 المعادلات فى الاشكال التى تستعمل فيها الامخال وقد
 يعرض للعلاقات والقوائم شىء واحد لان العلاقة والقائمة⁵
 بالقوة هما شىء واحد فان القوائم التى يتعلق فيها الثقل
 هى التى تحمل الثقل وقد يعرض ان تكون هذه القوائم
 كثيرة جداً غير متناهية الكثرة فاما مركز الميل فانه فى كل
 واحد من الاجسام علامة ما⁽²⁾ واحدة تميل اليها القوائم
 التى من العلاقات وقد تكون مراكز الميل فى بعض¹⁰
 الاجسام خارجا عن جواهرها كما قد يعرض فى الحكايات
 والاسورة اما ان تكون خطوط العلاقات تجتمع الى نقطة
 واحدة مشتركة لها فان ذلك يتبين لنا اذا توهمنا سطحا
 ما قائما على الافق وكان يقطع جسما ما باعتدال فانه
 يظهر لنا ان ذلك السطح يقسم به الجسم بنصفين فانه¹⁵
 اذا ينفذ فى الجسم واذا توهمنا ايضا سطحا اخر يقطع
 الجسم مثل ذلك السطح⁽³⁾ فانه ينفذ فيه كنفذ هذا السطح
 ويتقاطعان السطحان على خط فان وقع التقاطع على غير
 العلاقة عرض من ذلك ان تكون الاجسام متعادلة وغير
 متعادلة فليقل الآن هذا القول الى القوائم ونتوهم جسما قائما²⁰
 على * خط قائم على⁽⁴⁾ سطح وليكن الجسم معتدل الاجزاء قائما^{5*}

Figuren, bei denen Hebel zur Anwendung kommen, bewiesen.

Aufhänger und Stützen weisen dieselben Erscheinungen auf, weil der Aufhänger und die Stütze einer Kraft (oder: und die Stütze der Kraftleistung nach?) dasselbe 5 sind, denn die Stützen, auf die eine Last gelegt wird, sind es, die die Last tragen. Derartige Stützen können sehr zahlreich, ja unbegrenzt an Zahl sein.

Was nun den Neigungsmittelpunkt angeht, so ist er ein einziger Punkt in jedem von den Körpern, zu dem 10 die von den Aufhängepunkten (zum Horizont) senkrechten Linien hinneigen. Manchmal liegen auch die Neigungsmittelpunkte bei einzelnen Körpern außerhalb ihrer Substanz, wie es bei Rädern und Ringen der Fall ist. Dafs nun die Aufhängelinien sich in einem ihnen gemeinsamen 15 Punkte treffen, wird uns klar werden, wenn wir uns eine auf dem Horizont senkrechtstehende Ebene denken, und dieselbe irgend einen Körper nach dem Gleichgewicht schneidet. Denn es zeigt sich uns, dafs der Körper durch die Ebene in zwei Hälften geteilt wird; dann geht die- 20 selbe also durch den Körper. Wenn wir nun noch eine andre Ebene denken, die den Körper wie jene Ebene schneidet, so durchdringt sie ihn wie jene Ebene und die beiden Ebenen schneiden sich in einer Linie. Denn ginge die Schnittlinie nicht durch den Aufhängepunkt, so zeigte 25 es sich, dafs dieselben Körper im Gleichgewicht und nicht im Gleichgewicht seien.

Wenden wir jetzt diese Schlufsfolgerung auf die Stützen an. Denken wir uns einen Körper auf einer Linie liegen, die auf einer Ebene senkrecht steht, und es liege der 30 Körper im Gleichgewicht seiner Teile auf dieser Linie. Wenn nun diese Linie verlängert wird, so geht sie durch den Körper. Denn fällt die verlängerte Linie aufserhalb des Körpers, so fällt auch die durch sie gelegte Ebene

1) BCL للميل 2) B om. 3) Codd القطع 4) CLK om.

بحد طبيعى¹ فقال ان مركز الثقل او الميل هو علامة
 ما اذا علق الثقل بها كان منقسما بقسمين متساويين
 فمن اجل ذلك ارشميدس ومن اقتدى به من اهل صناعة
 الحبل ميّروا هذا القول وفصلوا بين العلاقة وبين مركز
 الميل اما العلاقة* فانها علامة² ما على الجسم او غيره³
 الجسم اذا علق بها⁴ المعلق تعادلت اجزأه اعنى
 بذلك ان لا يترجح ولا يميل فان المعادلة هي اذا عاد
 شيء شيئا كما قد يعرض فى الموازين⁴ اذا كانت مضطربة
 موازية* لسطح الافق او سطح ما كان موازيا⁵ له كما
 قال ارشميدس ان الاتقال تكون غير مائلة على خط وعلامة¹⁰
 اما على خط اذا كان الثقل على علامتين من ذلك الخط
 فلم يكن يميل الخط وكان السطح الخارج على ذلك
 الخط القائم على الافق كيف حوّل⁶ الخط كان قائما
 فانه⁷ لا يميل الثقل⁸ على الخط بته فاما اذا قلنا الثقل
 مائل فانا انما نريد انحطاطه الى السفلى اى حركته الى¹⁵
 ما يلى الارض واما المعادلة التى تكون على العلامة فانها
 قد تكون اذا كان الثقل معلقا بها وكان الجسم فى كل
 حركة تحرك متساوية اجزأه بعضها ببعض والثقل يعادل
 ثقلا اخر اذا كان عند تعليقهما على علامتين من خط
 مقسوم بنصفين وعلى العلامة التى قسم عليها كان الخط²⁰
 موازيا للافق بعد ان تكون اقدار الاتقال بعضها الى بعض

und seine Anhänger in der Mechanik diesen Satz spezialisiert und einen Unterschied gemacht zwischen dem Aufhängepunkt und dem Schwerpunkt. Was nun den Aufhängepunkt betrifft, so ist es ein solcher Punkt auf dem Körper oder Nichtkörper, daß, wenn der aufzuhängende Gegenstand daran aufgehängt wird, seine Teile sich im Gleichgewicht befinden, damit meine ich, daß er nicht schwankt und sich nicht neigt. Denn Gleichgewicht tritt ein, wenn ein Gegenstand dem andern an Gewicht gleich ist, wie es bei den Wagen der Fall ist, wenn sie parallel der Ebene des Horizontes oder einer derselben parallelen Ebene schwanken. So sagt Archimedes: Lasten neigen sich nicht auf einer Linie und auf einem Punkte. Auf einer Linie wird, wenn die Last auf zwei Punkten jener Linie ruht, so daß die Linie sich nicht neigt, und die durch jene Linie senkrecht zum Horizont gelegte Ebene, wie immer auch die Linie bewegt werden mag, senkrecht bleibt, die Last sich durchaus nicht neigen. Wenn wir sagen: die Last neigt sich, so meinen wir damit nur ihr Sichsenken nach unten, d. h. ihre Bewegung nach der Erde zu. Was aber das Gleichgewicht auf einem Punkte betrifft, so tritt es ein, wenn die Last in demselben aufgehängt ist, und die Teile des Körpers bei jeder Bewegung, die er macht, gleichmäßig zu einander liegen. Eine Last hält einer anderen das Gleichgewicht, wenn sie an zwei Punkten einer in zwei Hälften geteilten Linie und in dem Teilungspunkt dieser Linie aufgehängt sind, und diese Linie dem Horizont parallel ist, nachdem die Beträge der Lasten zu einander im Verhältnis stehen wie die Beträge ihrer verwechselten Abstände von ihren Aufhängepunkten. Daß in dieser Weise aufgehängte Lasten einander das Gleichgewicht in der Neigung halten, hat Archimedes in seinen Schriften über das Gleichgewicht an

1) K الحَدّ الطَّبِيعِي 2) B om. 3) K بهذا 4) BCL
 الميزان 5) B om. 6) B حَرَك 7) Codd. om. 8) Codd. om.

ذلك الضلع اعنى ضلع الاسطوانة سطحاً آخر قائماً على
الافق فانه لا يكون السطح المخرج الاول ويقسم الاسطوانة
بقسمين مختلفين يكون اصغرهما ممّا يلى الجهة العليا
واعظمهما ممّا يلى الجهة السفلى فيقوى اعظمهما على اصغرهما
ذ^١) كان اعظم منه فتدحرج الاسطوانة فان نوهما فى ٥
الجهة الاخرى من السطح المخرج القائم على الافق انه
قد نقص من القسم الاعظم قدر زيادته على القسم الاصغر
فان القسمين يعتدلان فيكون ثقل جميعهما ثابتاً على
ذلك الضلع المماس للارض فلا يميل الى جهة من الجهات
اعنى لا الى ما يلى العلو ولا الى ما يلى السفلى فاحتاج حينئذ 10
الى قوة معادلة له تقاومه فاذا زيد^٢) على تلك القوة زيادة
ما يسيرة قويت على الثقل ○

[٢٤] وقد ارى انه يجب باضطرار ان نخبر متعلمى
صناعات الحيل ما ذا الميل وما مركز الثقل فى جسم^٣)
كان ذلك او فى^٤) غير جسم وأما أن يكون^٥) الميل 15
والانحراف لا يقال بالاستحقاق الا فى الاجسام فان ذلك
ليس يدفعه احد فان قلنا فى الاشكال المساحية
المجسّمة والسطوحية أنّ مركز الميل ومركز الثقل علامة
ما فان ذلك قد اوضحه ارشميدس بما فيه كفاية فينبغى
ان يفهم هذا على ما هوذا نخبر به ان بوسيدونيوس 20
الذى من اصحاب الرواق قد حدّد مركز الميل والثقل^٦)

Cylinders, eine Ebene senkrecht zum Horizont, so wird sie nicht die zuerst gelegte Ebene sein, und den Cylinder in zwei verschiedene Teile teilen, deren kleinerer nach oben, und deren gröfserer nach unten zu liegt. So hat der gröfserer das Übergewicht über den kleineren, da er 5 gröfser ist als er, und der Cylinder rollt. Wenn wir uns nun auf der anderen Seite der senkrecht zum Horizont gelegten Ebene, von dem gröfseren Teile den Betrag seines Übergewichts über den kleineren weggenommen denken, so halten sich die beiden Teile das Gleichgewicht, 10 und das Gewicht beider verharrt auf der den Boden berührenden Linie, ohne sich nach irgend einer Seite zu neigen, nämlich weder nach oben, noch nach unten. Wir bedürfen also einer dieser Differenz äquivalenten Kraft, die ihm Stand hält. Wenn aber dieser Kraft ein geringer 15 Überschufs hinzugefügt wird, so erlangt sie das Übergewicht über die Last.

- 24 Ich halte nun dafür, dafs es notwendig erforderlich ist, die der Mechanik Beflissenen darüber aufzuklären, was die Schwerkraft und was der Schwerpunkt ist, sei 20 es nun bei einem Körper oder bei einem Nichtkörper. Dafs man von Schwerkraft und Neigung in Wahrheit nur bei Körpern redet, wird niemand abweisen. Wenn wir aber bei geometrischen Figuren, körperlichen und ebenen, sagen, dafs der Neigungs- und der Schwerpunkt 25 ein gewisser Punkt sei, so hat das Archimedes zur Genüge erläutert. Man mufs es also verstehen auf Grund dessen, was wir jetzt darüber auseinandersetzen. Posidonius, ein Stoiker, hat den Schwer- und Neigungspunkt in einer natürlichen (physikalischen?) Definition bestimmt und gesagt: 30 der Schwer- oder Neigungspunkt ist ein solcher Punkt, dafs, wenn die Last in demselben aufgehängt wird, sie in zwei gleiche Teile geteilt wird. Deshalb haben Archimedes

1) Codd. الذا 2) Codd. ازید 3) LCK الجسم 4) B
om. 5) L وليكن C وان يكون 6) BL om.

العليا فالقوة اذا المحركة للحمل ان كانت اعظم من الحمل فانها تقوى عليه وتحركه الا ان تعرض خشونة في تدوير الحناية او صلابة في القلوس فيكون من ذلك امتناع الحركة ٥

[٢٣] فاما الانتقال التى على السطوح المائلة فان ٥ طبيعتها ان تنيل الى السفلى ايضا كما قد تكون حركة جميع الاجسام فان لم يكن هذا كما ذكرنا فينبغى ^(١) ان نتوهم فيه ايضا العلة التى ذكرناها قبل هذا فلنفرض نا نريد ان نحرك ثقلا ما ^(٢) على سطح مائل الى ما يلى العلو ولتكن ارضه لبنة ملسة وكذلك ايضا جزء الثقل الذى ١٠ تدعنه فاحتاج فى هذا ان نكتسب قوة ما او ثقلا ما من الجهة الاخرى ليقوى أولا على الثقل اعنى ان يعادله لتكون القوة الرائدة عليه تقوى على الثقل فترفعه الى ما ^(٣) فوق ولان يصح ^(٤) قولنا نبين ذلك فى اسطوانة موضوعة فان الاسطوانة من اجل انه لا ينال الارض منها كبير ^(٥) ١٥ جزء فانها فى طبيعتها ان ^(٦) تندحرج الى اسفل فلنتوهم سطحاً ما خارجاً على ^(٧) الضلع الذى يماس الارض قائماً على تلك الارض فيظهر لنا ان ذلك السطح يجوز على محور الاسطوانة ويقطعها بنصفين لانه اذا كانت دائرة ما يماسها خط واخرج من علامة المماس خط على زاوية قائمة ٢٠ فان ذلك الخط يقع على مركز الدائرة وايضا نخرج على

wicht gleich der ersten Last ist. Wird aber dem Gewicht ein geringer Betrag hinzugefügt, so wird das andre Gewicht nach oben gezogen. Wenn also die die Last bewegende Kraft gröfser als die Last ist, so ist sie stark genug dafür und bewegt sie, aufser wenn sich Reibung 5 bei dem Drehen der Rolle oder Steifigkeit bei den Seilen einstellt, so dafs daraus ein Hindernis für die Bewegung entsteht.

28 Was nun die auf schiefen Ebenen befindlichen Lasten angeht, so haben sie das natürliche Bestreben sich gleich- 10 falls nach unten zu bewegen, wie es die Bewegung aller Körper ist. Wenn sich das nicht so wie erwähnt verhält, so müssen wir auch hier an die bereits vorhin erwähnte Ursache denken. Nehmen wir also an, wir wollten eine Last auf einer schiefen Ebene nach oben bewegen. Ihr 15 Boden sei glatt und eben, gleichfalls so auch der Teil der Last, den er unterstützt. Zu dem Zwecke müssen wir auf der anderen Seite eine Kraft oder ein Gewicht anbringen, dafs es zunächst der Last gleichkomme, d. h. ihr das Gleichgewicht halte, damit der Überschufs der 20 Kraft über dieselbe stark genug sei für die Last und sie nach oben hebe. Damit unsere Behauptung sich als recht erweise, wollen wir sie an einem gegebenen Cylinder beweisen. Da kein grofser Teil des Cylinders den Boden berührt, so hat er das natürliche Bestreben nach unten 25 zu rollen. Denken wir uns nun eine Ebene, die durch die Linie, welche den Boden berührt, geht und senkrecht auf diesem Boden steht, so ergibt sich, dafs diese Ebene durch die Achse des Cylinders geht, und denselben in zwei Hälften teilt; denn wenn eine Linie einen Kreis be- 30 rührt, und man im Berührungspunkte eine Senkrechte errichtet, so geht diese durch den Kreismittelpunkt. Legen wir ferner durch dieselbe Linie, nämlich die Linie des

1) L ينبغي 2) LK om. 3) Codd. om. 4) K يصلح
5) LK كثير 6) L om. 7) K عن

فلا تماس من السطح الا جزءا يسيرا ولا يعرض من ذلك
 من الخشونة الا اقل ذلك ويستعملون الاوتاد فيتحرك
 الثقل عليها بسهولة على انه قد زيد⁽¹⁾ على الثقل ثقل الاداة
 واقوام برصون⁽²⁾ على السطح⁽³⁾ الواحا⁽⁴⁾ مدحوة لملاستها
 ويطلونها بدسم لان تنملس الخشونة التي عليها فيحركون⁵
 الثقل بايسر قوة فاما الاساطين فانها اذا كانت ثقالا
 وكانت ملقاة على الارض حتى لا ينال الارض منها
 الا ضلع واحد فانها تتحرك بسهولة وكذلك ايضا الاكر
 وهذا قد تقدم في قولنا ٥

[٢٢] فان اردنا ان نحمل الثقل الى جهة عليا فانا¹⁰
 عند ذلك نحتاج الى قوة مساوية للثقل فلتنوهم حناية⁽⁵⁾
 متعالية متحركة قائمة على سطح ولتكن متحركة⁽⁶⁾ على مراكز
 على محور حركة سهلة وليكن على بسيط حافتها جبل
 يكون احد طرفيه مشدودا بالحمل وطرفه الاخر عند القوة
 الجاذبة فاقول ان ذلك الثقل ينتحرك بقوة مساوية له¹⁵
 ولا يكون عند طرف الحبل الاخر قوة بل يكون ثقل اخر
 مشدودا فيه فيظهر لنا ان الاتقال اذا كانت متساوية
 فان الحناية لا تميل الى جهة من الجهات ولا يقوى الثقل⁽⁷⁾
 الاول على الثقل المرتبط الثانى ولا الثقل على الحمل لان
 الثقل المشدود الثانى مساو للحمل الاول فاذا زيد في²⁰
 الثقل قدر ما يسير فان الثقل الاخر ينجذب الى الجهة

darán hindert; denn wenn sie zahlreich und eng miteinander verbunden sind durch die gegenseitige Vereinigung, bedarf es einer vereinten, grossen Kraft. Aus der Erfahrung zog man nun die Lehre; man fing nämlich an unter die „Schildkröten“ Holzstücke, deren Oberfläche cylindrisch 5 geformt ist, zu legen, die nur einen kleinen Teil der Ebene berühren, weshalb nur die allergeringste Reibung eintritt. Man benutzt nun Pfähle, sodafs sich die Last leicht darauf bewegen läfst, unter der Bedingung, dafs die Last sich um das Gewicht des Gerätes vermehrt. Andere be- 10 festigen gehobelte Bretter auf dem Boden, wegen ihrer Glätte und beschmieren sie mit Fett, damit die darauf vorhandene Rauheit geglättet werde, und bewegen dann die Last mit ganz geringer Kraft. Was nun die Cylinder betrifft, so lassen sie sich, wenn sie schwer sind und so 15 auf der Erde liegen, dafs nur eine einzige Linie die Erde berührt, mit Leichtigkeit bewegen, und ebenso die Kugeln, worüber wir schon gesprochen haben.

22 Wenn wir nun eine Last nach einem höheren Orte heben wollen, so bedürfen wir einer der Last gleichen 20 Kraft. Denken wir uns eine, in der Höhe angebrachte, bewegliche Rolle, senkrecht zur Ebene, die sich um die Mittelpunkte auf einer Achse leicht bewegen läfst. Um ihre Randfläche liege ein Seil, dessen eines Ende an der Last befestigt sei; das andre befinde sich bei der ziehenden 25 Kraft. Nun behaupte ich, dafs diese Last sich durch eine ihr gleiche Kraft bewegen läfst. Sei an dem anderen Ende des Seiles keine Kraft, sondern ein andres Gewicht befestigt, so wird es sich uns zeigen, dafs die Rolle, wenn die Gewichte gleich sind, sich nicht nach irgend 30 einer Seite bewegt, und dafs das erste Gewicht nicht stark genug ist für das zweite angebundene, noch das Gewicht für die Last, weil das zweite angebundene Ge-

1) BCL يريد 2) B يرصرون 3) B سطح 4) Codd.
الروح 5) B حنافة K حانة 6) B om. 7) LC om.

يحتاج الى⁽¹⁾ قوة تدعّمه لئلا يتحرك فاذا صار الثقل ايضا معتدلا غير مائل الى جهة من الجهات فانه بهذا بلا ان تكون له قوة تدعّمه فلا يزال هادنا الى ان يميل السطح⁽²⁾ الى اى جهة كانت فانه يميل الى تلك الجهة * فالثقل⁽³⁾ المنتهيا⁽⁴⁾ للذهاب الى كل جهة⁽⁵⁾ كيف لا تكون حاجته⁵ فى ان يتحرك الى قوة يسيرة قدر القوة التى تميله فاذا الثقل يتحرك بكل قوة يسيرة ○

[٢١] فالمياه التى على السطوح غير المائية⁽⁶⁾ فانها تكون غير سائلة بل تكون ثابتة لا تميل الى جهة من الجهات فاذا نالها اقل ميل فان جميعها يميل الى تلك¹⁰ الجهة حتى لا يبقى اقل جزء من الماء ثابتا عليه الا ان يكون فى السطح اغوار فتبقى اجزاء يسيرة فى قعر الاغوار كما قد يعرض فى الآنية ولكن الماء قد ناله هذا لان اجزاء غير متصلة شديدة التحلل⁽⁷⁾ واما الاجساد⁽⁸⁾ المتصلة فمن اجل انها فى طبعها غير ملسة فى بسائطها ولا يملسها¹⁵ سهل فانه يعرض من خشونة الاجساد⁽⁸⁾ ان⁽⁹⁾ يدعم بعضها بعضا فيعرض من ذلك ان يستند⁽¹⁰⁾ احدها بالآخر كالاضراس فتمنع من ذلك لانها اذا تكاثرت واتصلت فاجتماع بعضها الى بعض تحتاج الى اجتماع قوة عظيمة فمن التجربة صار⁽¹¹⁾ لهم⁽¹²⁾ معلّم صاروا يصفون تحت²⁰ اللجآت⁽¹⁸⁾ خشبا تكون بسائطها فى هيئة الاساطين

wenn auch die Neigung eine ganz geringe ist; also benötigt die Last nicht einer Kraft, die sie bewegt, sondern einer Kraft, die sie stützt, damit sie sich nicht bewege. Wenn nun die Last ebenfalls ins Gleichgewicht zurückkehrt, und sich nicht nach irgend einer Seite neigt, so bleibt sie dabei, ohne daß eine Kraft vorhanden ist, die sie stützt, und verharrt in Ruhe, bis sich die Ebene nach irgend einer Seite neigt, und dann neigt sie sich nach dieser Richtung. Bedarf also nicht die Last, die nach jeder beliebigen Richtung sich zu wenden bereit ist, einer nur geringen Kraft, um sich zu bewegen, und zwar im Betrage der Kraft, die sie zum Neigen bringt? Also läßt sich die Last durch jede geringe Kraft bewegen.

- 21 Die Gewässer nun, die sich auf nicht geneigten Ebenen befinden, fließen nicht, sondern sind still, ohne sich nach irgend einer Seite zu neigen. Wenn ihnen aber auch nur die geringste Neigung zu teil wird, so fließen sie allesamt nach dieser Seite, so daß auch nicht der geringste Teil von dem Wasser darauf bleibt, es müßten denn gerade Vertiefungen in der Ebene sein, so daß geringe Teile in der Grube dieser Vertiefungen blieben, wie es manchmal bei Gefäßen vorkommt. Bei dem Wasser aber tritt dies ein, weil seine Teile nicht zusammenhängend, sondern leicht trennbar sind. Weil aber die zusammenhängenden Körper ihrer Natur nach nicht glatt auf ihren Oberflächen sind, und sich nicht leicht ebenen lassen, so kommt es durch die Rauheit der Körper, daß einer den andern stützt, und daher kommt es wieder, daß sie sich an einander anlehnen wie Zahngetriebe, so daß man sie

-
- 1) L om. 2) Codd. **التقل** 3) BCL **بالتقل** 4) BCL
المنهى 5) B om. 6) Codd. **الغير مائلة** 7) B
التحلل K **التحليل** 8) B **الاجسام** 9) K add. **لم**
10) B **يشتك** 11) Codd. **صارت** 12) B om. **اتم**
13) Codd. **الاحباب**

خط ط م مساويا لخط آل ونخرج خط م ن موازيا لخط ح ك وليكن خط ل س^(١) مساويا لخط ط ن في دائرة الفلكة الاخرى ونصل علامتي س أ ونقسم دائرة ل س من علامة س ب عدد كثرة الاسنان وليكن س ع قسما واحدا ولنصل ع ب فيكون حفر السن^(٢) على خطي أ س ب ع فلنكن كذلك^٥ الاسنان الأخر^(٣) ○

[٢٠] وقد ظن قوم ان الاتقال الموضوعة على الارض تتحرك بقوة معادلة لها باستعمالهم الاراء الكاذبة فليبين أن الاتقال التي وضعها على ما وصفنا تتحرك بقوة أقل من كد^(٤) القوة المعلومه ونوضح العلة التي لها صار ذلك^{١٠} غير ظاهر في العمل فليتنوهم حملا ما موضوعا على الارض وليكن معتدلا املس مجتمعا^(٥) بعضه^(٦) الى بعض وليكن السطح الذي الثقل عليه يمكن ان يميل الى كد^(٧) الجهتين اعنى اليمنى واليسرى فليكن أولا مائلا الى اليمنى فيظهر لنا أن الثقل المفروض يميل الى الجهة اليمنى^{١٥} لأن الاتقال طبيعتها ان تتحرك الى السفلى ان لم يدعها شيء فيمنعها من الحركة وايضا اذا استقلت الجهة المائلة الى السطح وصار معتدلا فانه يصير^(٨) الثقل بهذا محفوظا^(٩) فان مال الى الجهة الاخرى اعنى الى الجهة اليسرى فان الثقل ايضا ينحط الى^(١٠) الجهة المائلة وان كان الميل^{٢٠} يسيرا جدا فلا^(١١) يحتاج الثقل الى * قوة تحركه لكن

Linie $\theta\mu$ gleich der Linie $\alpha\lambda$ und ziehen wir die Linie $\mu\nu$ parallel zur Linie $\eta\kappa$, sei ferner die Linie $\lambda\sigma$ gleich der Linie $\theta\nu$ auf dem anderen Kreis des Rades, und verbinden wir die beiden Punkte σ und α , und teilen den Kreis $\lambda\sigma$ vom Punkte σ aus gemäß der Anzahl der Menge der Zähne, und sei $\sigma\sigma$ ein solcher Teil. Ziehen wir nun $o\beta$, so ist die Grube des Zahnes durch die beiden Linien $o\beta$ und $\alpha\sigma$ bestimmt. Ebenso geschehe es bei den übrigen Zähnen.

- 20 Manche Leute glauben, die auf der Erde liegenden Lasten ließen sich nur durch eine ihnen äquivalente Kraft bewegen, indem sie falschen Anschauungen huldigen. Beweisen wir also, daß in der beschriebenen Weise gelagerte Lasten sich durch eine geringere als jede bekannte Kraft bewegen lassen, und erläutern wir den Grund, aus welchem diese Erscheinung nicht in der That offenbar wird. Denken wir uns also eine Last auf der Erde liegen, sie sei ebenmäßig, glatt und in ihren Teilen zusammenhaftend; die Ebene, auf der die Last liegt, könne nach beiden Seiten, nämlich nach rechts und links sich neigen. Sie neige zuerst nach rechts; dann zeigt es sich uns, daß die gegebene Last nach der rechten Seite neigt, weil es das natürliche Bestreben der Lasten ist, sich nach unten zu bewegen, wenn sie nicht etwas stützt und sie an der Bewegung hindert. Wenn sich ferner die geneigte Seite wieder zur horizontalen Ebene erhebt, und (die ganze Ebene für sich allein betrachtet) ins Gleichgewicht kommt, so wird die Last in dieser Lage erhalten bleiben. Wenn sie sich nun nach der anderen, d. i. nach der linken Seite neigt, so wird sich auch die Last nach der gesenkten Seite neigen,

1) K om. 2) K الاسنان 3) Codd. فلتكن الاسنان
 مجتمع K مجتمع 4) B om. 5) L يجمع
 6) LK بعضها 7) K كلتي 8) B om. LC يدير 9) B
 لئلا LCK om. 10) Codd. om. 11) LK لئلا

حافة الفلكة بعشرين جزءا اقساماً¹⁾ متساوية ونخرج * على علامة احد الاقسام خطاً مائلاً على قدر ميل الدوائر اللولبية ونقسم²⁾ ما يلي الجهة الاخرى من الفلكة بمثل هذه الاقسام ونصل هذه العلامات بخطوط تكون³⁾ على بسيط حافة الفلكة ثم نحفر الاسنان فنكون الدوائر⁵⁾ اللولبية مهندمة فتتراكب⁴⁾ عليها اسنان الفلكة فاما كيف ينبغي ان يكون تعويج⁵⁾ الاسنان⁶⁾ التى فى حافة الفلكة عند التدوير فانا⁷⁾ نعمل ميل⁸⁾ الاسنان التى⁹⁾ على بسيط حافة الفلكة * ميلاً يتراكب¹⁰⁾ فى حفر الدوائر اللولبية فانا الآن نبيته فلنفرض فلكة وليكن البعد الذى لاحد¹⁰⁾ الاسنان خطاً \overline{AB} وليكن الحفر اللولبى الذى على اللولب خطاً \overline{CD} بين خطين موازيين¹¹⁾ لقاعدة الشكل الاسطوانى وهما \overline{CE} و \overline{DE} ولنفرض خطين يقوم¹²⁾ احدهما على الآخر على زاوية قائمة وهما خطاً \overline{CH} و \overline{DE} ويكون خطاً \overline{DE} مساوياً لخط \overline{CH} وخط \overline{CE} مساوياً لخط \overline{DH} ولنصل علامتى¹⁵⁾ \overline{CH} ونخرج من علامة \overline{A} خطاً قائماً على الفلكة فى ثخن الفلكة وهو خط \overline{AL} فيكون¹³⁾ خط \overline{AL} ثخن الفلكة وليكن

1) BC قسمة 2) C om. 3) K om. 4) K تتراكب

5) C 6) K التنعيم 7) K om. 8) Codd. 9) Codd. om. 10) K مثل ما يتراكب 11) B add.

12) K om. 13) BC وليكن

يعنى دائرتين متوازيتين

Schraube eingreifen müssen, weil $\sigma\sigma$ gleich $\gamma\delta$ ist. In Wirklichkeit aber greifen sie nicht ein, weil der Abstand des äußeren Teils der Schraubenwindungen gleich ist den inneren Abständen der Schraubengänge, bei den Zähnen aber der Abstand zwischen ihren äußeren Punkten größer 5 ist als zwischen den tiefer gelegenen inneren. Da aber der Unterschied hierbei nicht merklich ist, so entsteht daraus kein Hindernis für die Arbeit. Ferner darf man die Ausschnitte für die Zähne an der Oberfläche der Stirnseite des Rades nicht senkrecht machen, wie wir es lehren 10 für die Zahnräder, deren Zähne wir ineinander eingreifen lassen wollen, sondern wir machen sie schief, sodafs die Zähne immer in die ganze Stelle der Schraubenhöhlung eingreifen. Dies ergibt sich uns, wenn wir einen Kreis am Rande des Rades in zwanzig einander gleiche Teile 15 teilen und von einem Teilpunkt eine Linie unter derselben Neigung wie die Neigung des Schraubenganges ziehen und die andre Seite des Rades in den ersteren entsprechende Teile teilen. Verbinden wir nun diese Punkte durch Linien auf der Oberfläche des Randes des Rades, und schneiden 20 die Zähne aus, so passen die Schraubengänge dazu und die Zähne des Rades greifen in sie ein.

Wie nun die Schiefe der Zähne auf der Stirnseite des Rades bei dem Umdrehen sein muß — denn wir machen die Neigung der Zähne auf der Stirnseitenfläche des Rades 25 so, daß sie in die Höhlung der Schraubenwindungen eingreifen — das wollen wir jetzt auseinandersetzen. Nehmen wir ein Rad an, und sei die Entfernung eines der Zähne die Linie $\alpha\beta$ und sei die Schraubenhöhlung auf der Schraube die Linie $\gamma\varepsilon$ zwischen zwei der Grundfläche des Cylinders 30 parallelen Linien, nämlich $\gamma\xi$ und $\varepsilon\delta$. Nehmen wir nun zwei Linien an, deren eine auf der anderen senkrecht steht, nämlich $\eta\theta$ und $\theta\kappa$, und sei $\varepsilon\delta$ gleich der Linie $\eta\theta$ und $\gamma\varepsilon$ gleich der Linie $\theta\kappa$. Verbinden wir die beiden Punkte η und κ und ziehen vom Punkte α eine Linie, die auf 35 dem Rade senkrecht steht, in der Dicke des Rades, nämlich $\alpha\lambda$, so wird $\alpha\lambda$ die Dicke des Rades sein. Sei nun die

دائرة¹⁾ س ع ف* فيظهر لنا ان قوس س ع جزء من عشرين
جزءا من دائرة س ع ف²⁾ لان قوس ح ط جزء من³⁾ عشرين
من محيط دائرة ح ط ك ودائرة س ع ف هي الدائرة
الداخلية فتكون هي⁴⁾ الدائرة المحدودة اذا زدنا على
خط لس خطأ يكون⁵⁾ بقدر عمق الدوائر اللولبية⁵⁾
ورسمنا ببعد ذلك الخط كله دائرة على مركز ل وقد
ينبغي ان نعلم ان قسمة خارج الدائرة ينبغي ان تتراكب
في عمق اللولب لأن س ع مساو ل ح د⁶⁾ اما على الحقيقة
فانها لا تتراكب لان بعد ظاهر الدوائر اللولبية مساو لبعد
الدائرة اللولبية الداخل فاما الاسنان فان البعد الذي¹⁰⁾
بين اعلاها الخارج اكبر⁷⁾ من البعد الذي بين⁸⁾ اسفلها⁹⁾
الداخل ولأن الاختلاف في ذلك غير محسوس لا يكون
منه¹⁰⁾ امتناع فعل وايضا ينبغي ان يكون الحفر الذي
للاسنان التي¹¹⁾ في بسيط حافة الفلكة ليس بقائمة كما قد
نعلمه في الفلك التي¹²⁾ نريد ان نركب اسنان بعضها على¹⁵⁾
بعض لكننا نصيرها مائلة لتتراكب¹³⁾ الاسنان ابدا على كل
موضع حفر اللولب¹⁴⁾ وذلك يظهر لنا اذا قسمنا دائرة على

1) K add. وهي دائرة 2) K om. 3) K om. 4) K
هذه 5) K om. 6) Codd. ج د 7) K اكثر 8) BC om.
9) Codd. اسفلها 10) BC فيه 11) Codd. الذي 12) Codd.
اللولبية 13) K لتراكب BC 14) Codd. الذي

ist aber der innere Kreis. Er ist also der zu bestimmende Kreis, wenn wir die Linie $\lambda\sigma$ um eine Linie gemäß dem Betrag ($\sigma\varphi$) der Tiefe der Schraubengänge verlängern

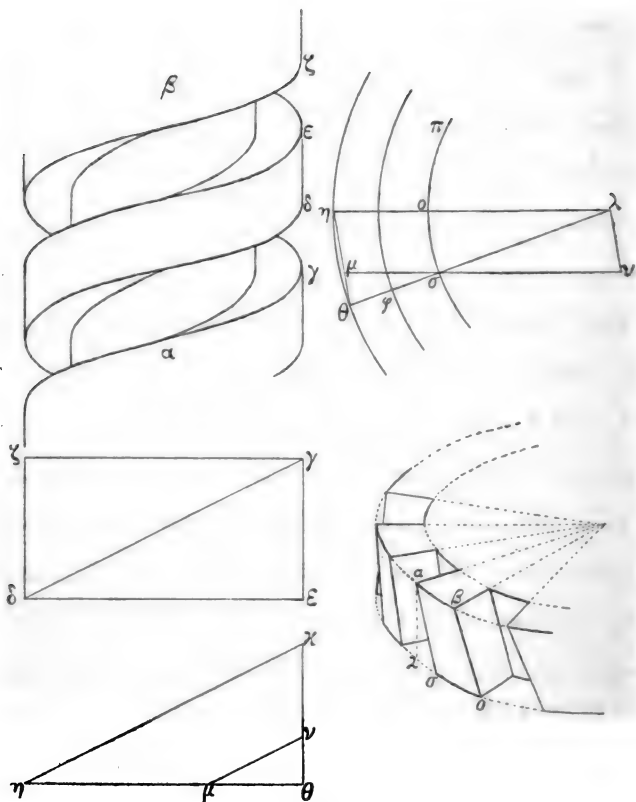


Fig. 12.

und mit dieser ganzen Linie ($\lambda\varphi$) einen Kreis um den Mittelpunkt λ schlagen. Man muß wissen, daß die 5
außerhalb des Kreises gelegenen Teile in die Tiefe der

علامة \bar{e} ولكن الى ما يلي علامة $\bar{ط}$ وكذلك نديرها ¹⁾ بنقلها ²⁾
الى الجهة الاخرى فنعمل اعضاء الاجسام متخالفة ³⁾ \odot
فاما كيف نعمل لصفيحة ما اسنانا تكون معلومة
الكثرة ⁴⁾ وتتراكب على لولب معلوم فانا نبين ذلك لان
ذلك كثير المنفعة فيما نريد ان نخبر به بعد هذا فليكن ⁵⁾
اللولب على $\bar{اب}$ ولتكن الدوائر ⁶⁾ اللولبية غير ⁷⁾ عدسية
ولتكن ابعاد هذه الدوائر اللولبية قدر $\bar{ج د}$ $\bar{د ه}$ $\bar{ه ز}$ فنكون
هذه الثلاثة الخطوط متساوية فنريد ان نجد صفيحة
تكون ⁸⁾ ذات عشرين سنا تتراكب على ⁹⁾ الدوائر اللولبية
التي على اللولب فلنفرض دائرة ما تكون في عظمها على ¹⁰⁾
القدر الذي نريد وهي دائرة $\bar{ح ط ك}$ وليكن مركزها على
علامة $\bar{ل}$ ونقسم محيط الدائرة بعشرين جزءا متساوية
وليكن احد هذه العشرين جزءا قوس $\bar{ح ط}$ ولنصل علامات
 $\bar{ح ط ل ط ل ح}$ ولنفرض خط $\bar{ح م}$ مساويا لاحد خطوط
 $\bar{ج د د ه ه ز}$ ولنخرج من علامة $\bar{ل}$ خطا موازيا لخط $\bar{ح ط}$ وهو ¹¹⁾
خط $\bar{ل ن}$ وليكن هذا الخط مساويا لخط $\bar{ح م}$ ولنصل
علامتي $\bar{م ن}$ بخط $\bar{م ن}$ فانه يقطع خط $\bar{ل ط}$ فليكن
التقاطع على علامة $\bar{س}$ ونرسم على مركز $\bar{ل}$ ببعد ¹²⁾ $\bar{ل س}$

1) Codd. نديرها 2) Codd. بنقلها 3) B om. 4) BC
لها 5) Codd. دائرة 6) Codd. om. 7) Codd. add. الكثيرة
8) K في 9) K وبعدها

Punktes ϑ .*) So verfahren wir weiter, indem wir ihn (den betr. Punkt) immer nach der anderen Seite übertragen und die Körperglieder zu Gegenstücken machen.

Wie man an einer Scheibe Zähne von bestimmter Anzahl anbringt, die in eine bekannte Schraube eingreifen, 5 wollen wir jetzt auseinandersetzen, weil es von großem Nutzen ist für das, was wir später darlegen wollen.

Befinde sich die Schraube bei $\alpha\beta$ und sei die Schraubengewindung nicht linsenförmig. Seien ferner die Abstände der Schraubengänge der Betrag von $\gamma\delta$, $\delta\epsilon$, $\epsilon\xi$ und seien 10 diese drei Linien einander gleich, so wollen wir eine Scheibe mit zwanzig Zähnen finden, die in die Windungen der Schrauben eingreifen. Nehmen wir irgend einen Kreis von beliebiger Größe an, nämlich den Kreis $\eta\vartheta\kappa$ und sei der Mittelpunkt desselben beim Punkte λ . Teilen wir nun 15 den Kreisumfang in zwanzig gleiche Teile, und sei einer dieser Teile der Bogen $\eta\vartheta$. Verbinden wir die Punkte $\eta\vartheta$, $\lambda\vartheta$, $\lambda\eta$ und nehmen wir die Linie $\eta\mu$ gleich einer der Linien $\gamma\delta$, $\delta\epsilon$, $\epsilon\xi$ an, ziehen durch den Punkt λ eine Parallele zu $\eta\vartheta$, nämlich $\lambda\nu$ und sei diese gleich der Linie 20 $\eta\mu$. Verbinden wir die Punkte μ und ν durch die Linie $\mu\nu$, so wird dieselbe die Linie $\lambda\vartheta$ schneiden. Der Schnittpunkt falle in den Punkt σ . Ziehen wir nun um den Mittelpunkt λ mit der Entfernung $\lambda\sigma$ einen Kreis, nämlich den Kreis $\sigma\sigma\pi$, so zeigt es sich, daß der Bogen $\sigma\sigma$ einer 25 der zwanzig Teile des Kreises $\sigma\sigma\pi$ ist, weil der Bogen $\eta\vartheta$ ein zwanzigstel des Kreisumfanges $\eta\vartheta\kappa$ ist. Der Kreis $\sigma\sigma\pi$

*) In Fig. 11 habe ich den allgemeinen Fall angenommen, daß die ähnlichen Dreiecke $\gamma\mu\pi$ und $\gamma\sigma\lambda$ nicht gleichseitig seien, wie Hero es wahrscheinlich annahm. Deshalb habe ich zuerst auf der Plattenhälfte $\kappa\mu\beta$ das Spiegelbild der beiden ähnlichen Dreiecke konstruiert ($\kappa\mu\kappa$ als Spiegel gedacht), und dann das von Hero angegebene Verfahren eingeschlagen. Zur Übertragung des nun gefundenen Punktes τ auf den neu zu konstruierenden Körper wäre dann noch ein „Ypsilon“ nach dem Dreieck $\xi\nu\delta$ erforderlich. Für meine Auffassung scheint auch die handschriftliche Figur bei C. de Vaux zu I. 19. zu sprechen.

وفاصلة من الخطوط التي تصلها مثلثين مساويين للمثلثات
المعمولة من حرف¹ هولا اعنى المرسومة فى اللوح
الواحد وننقل كليهما² فى جهة خلف ونفرض علامات
متصلة نعمل بها اجزاء الجسم المذكورة³ ⑤

فان اردنا ان نعمل تماثيل يخالف بعضها بعضا حتى يكون⁴
اذا قدّم احدها الرجل اليمنى يقدّم الآخر الرجل
ليسرى قدمه تشابه رجل الآخر اليمنى وعلى هذا فى
الاعضاء الاخر فانّا نعمل هكذا فنقل⁴ العلامة⁵ المفروضة
فى اللوح الاخر الى الجهة الاخرى حتى تكون موضوعة
وضعا متشابهها اعنى ان يكون العمود الخارج من العلامة⁶
المذكورة على الخط المشترك بعيدا⁶ من الطرف الواحد
البعد⁷ الذى احاط به الخط⁸ الاخر من العلامة
الاخرى فى الجهة الاخرى ويكون مساويا للعمود الآخر
اعنى ان يكون الخط المشترك للوحين خط اَب وتكون
نهايات ضلع المثلث علامتى ج د والعلامة المفروضة علامة¹⁵
هـ ولنخرج على خط ج د عمودا وهو عمود هـ ولنخرج خط
د ج مساويا لخط ج ز وليكن⁹ خط ح ط المساوى لخط
هـ القائم عليه فطرف القضيب ليس نعوّجه الى ما يلى

المذكور K 3) هولا CLK add. كلنها B 2) 1) B om.

7) B بعيدة Codd. 6) الآلة LC 5) الى LBC add. 4)

الكن BCL 9) الطرف K 8) البعيدة

Wenn wir aber Bilder machen wollen, von denen das eine das Gegenstück des andern ist, sodaß, wenn das eine den rechten Fuß vorsetzt, das andre den linken vorsetzt, in einem Schritt, der dem des rechten Fußes des andern

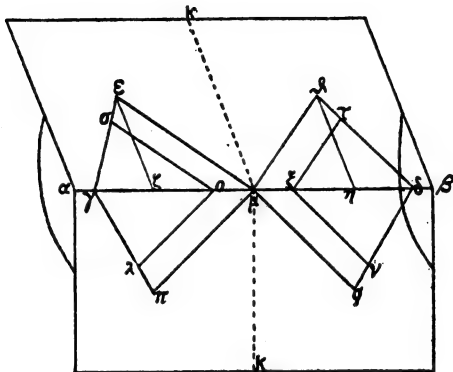


Fig. 11.

ähnlich ist — und so fort bei den übrigen Gliedern —, 5
 so verfahren wir also: Wir übertragen den auf der zweiten
 Tafel gegebenen Punkt ($\epsilon = m$) nach der anderen Seite,
 sodaß er eine ähnliche Lage einnimmt, d. h. daß das
 von dem erwähnten Punkt (ϵ) nach der gemeinsamen Linie
 ($\alpha\beta$) gezogene Lot ($\epsilon\zeta$) so weit von dem einen Endpunkt ent- 10
 fernt ist, als die andre Senkrechte ($\vartheta\eta$) von dem andern,
 auf der andern Seite befindlichen, (End-)Punkte ($\gamma\zeta = \delta\eta$),
 und daß dasselbe gleich ist dem anderen Lote ($\epsilon\zeta = \vartheta\eta$).
 Mit anderen Worten: die den beiden Platten gemeinsame
 Linie sei die Linie $\alpha\beta$ und die Endpunkte der Dreiecks- 15
 seite seien die Punkte γ, δ , der gegebene Punkt der Punkt ϵ ;
 wir ziehen nun auf die Linie $\gamma\delta$ ein Lot, nämlich das
 Lot $\epsilon\zeta$ und machen die Linie $\delta\eta$ gleich der Linie $\gamma\zeta$;
 die Linie $\eta\vartheta$, die gleich $\epsilon\zeta$ ist, sei die Senkrechte darauf
 (auf $\delta\eta$). Nun krümmen wir die Spitze des Stabes nicht 20
 nach der Richtung des Punktes ϵ , sondern nach der des

نوعج القضيب على اجزاء⁽¹⁾ البنية الاخر⁽²⁾ فرسم المتشابهات
 الوضع على الحجر ثم نعمل البسيط على العلامات المفروضة
 وهى العلامات التى نعمل الشكل* مشابها للشكل⁽³⁾ الذى
 تقدم وضعه⁽⁴⁾ وتصير له⁽⁵⁾ الية نسبة. هى النسبة المذكورة
 فاما الخط الموازى الذى ذكرناه فانه يرسم فى اللوح⁵
 الاخر بسهولة اذا رسمنا على اللوح خطأ ما موازيا للخط
 المشترك اما ان تكون الاشكال المعمولة على هذا العمل
 متشابهة فذلك ظاهر لانها من اشكال نارية⁽⁶⁾ متشابهة⁽⁷⁾
 متشابهة الوضع قواعد المتثلثات التى رسمها* هولا فى
 الاجسام رؤسها العلامات التى رسمتها⁽⁸⁾ اطراف القضبان¹⁰
 فى كل واحد من الاجسام فاما ان تكون لبعضها الى
 بعض نسبة معلومة فذلك ظاهر لان الاشكال النارية التى
 منها عملت الاجسام نسبتها ثلاثة⁽⁹⁾ امتاز نسبة⁽¹⁰⁾ الاضلاع
 المتناسبة لان اضلاع⁽¹¹⁾ المتثلثين⁽¹²⁾ المتشابهين⁽¹²⁾ كذا فرضت
 فاذا المجسمات لبعضها الى بعض هذه النسبة المعلومة¹⁵ ¹⁵ ¹⁵
 [19] فان اردنا ان نعمل ما خلف الاجسام المتشابهة
 فاننا⁽¹³⁾ نستعمل بهذه الحيلة فتوهم⁽¹⁴⁾ فى جهة خلف ثلث
 علامات فى كل واحد من الاشكال موضوعة وضعا متشابهها

الاشكال النارية Codd. 6) LC om. 5) افضل ما يكون

7) BCL om. 8) LCK om. 9) نسبة ثلثة LC 10) Codd.
 om. 11) B om. 12) Codd. pl. 13) Codd. om. 14) Codd. om.

die Fläche nach den angenommenen Punkten, welches die Punkte sind, welche die Figur der zuerst gegebenen ähnlich machen, und die zu ihr ein Verhältniß wie das erwähnte hat.

Was nun die erwähnte parallele Linie angeht, so wird ⁵ sie auf der anderen Tafel leicht gezeichnet, wenn wir auf der Tafel irgend eine Parallele zu der gemeinsamen Linie ziehen (?).*)

Dafs nun die auf diese Weise erhaltenen Figuren ähnlich sind, erhellt daraus, dafs sie aus ähnlichen, ähnlich ge- ¹⁰ legenen Pyramiden entstehen, deren Grundflächen die von den Ypsilon auf den Körpern bestimmten Dreiecke ($\eta\epsilon\xi$, $\nu\omicron\xi$) und deren Spitzen die von den Enden der Stäbe auf jedem der Körper bezeichneten Punkte (m, n) sind.

Dafs sie zu einander in dem bekannten Verhältnisse ¹⁵ stehen, ist klar, weil das Verhältniß der Pyramiden, aus denen die Körper gemacht wurden, das dreifache (d.i. kubische) Verhältniß der proportionalen Seiten ist, denn die Seiten der ähnlichen Dreiecke ($\eta\epsilon\xi$, $\nu\omicron\xi$) wurden so angenommen. Also stehen die Körper in diesem bekannten Verhältnisse ²⁰ zu einander.

- 19 Wenn wir nun die Rückseite der ähnlichen Körper machen wollen, so benutzen wir dieselbe Methode. Wir nehmen auf der Rückseite auf jeder der beiden Figuren drei Punkte an, die eine ähnliche Lage haben und durch ²⁵ die sie verbindenden Linien zwei Dreiecke bestimmen, die den durch den Buchstaben Ypsilon konstruierten Dreiecken, nämlich den auf der einen Platte gezeichneten gleich (kongruent) sind; dann setzen wir die beiden Ypsilon auf der Rückseite auf und nehmen nacheinander Punkte an, durch ³⁰ die wir die erwähnten Teile des Körpers konstruieren.

*) Der Satz scheint mir überflüssig und ist auch ganz unverständlich.

1) Codd. الاجراء 2) BCL om. 3) B om. 4) K add.

وقد يمكن ان يوجد هذا ايضا على الجسم وعلى القاعدة

مشابها له ونعوج طرف القضيب الرصاص الذى عند هولا
حتى ينال طرفه العين التى¹ نريد ثم نرفع هولا ونركبه
على المثلث الذى قد رسم فى اللوح² ثم نخفض او نرفع
اللوح الآخر الذى ليس فيه رسم حتى يناله طرف القضيب
بانخفاضه او بارتفاعه ثم نرفع هولا ونصل خطين من العلامة⁵
التى ينالها القضيب الرصاص على اللوح فى نهايات ضلع
المثلث الذى على الخط المشترك للوحين ولنعطف³
كل واحد من اللوحين غير متحرك الى الآخر ونخرج على
علامة الاخرى التى على الخط المشترك للوحين خطا
موازيا للخطوط العظام التى عند الخط الموازى للقاعدة¹⁰
حتى يقطع الخط المخرج الاخر ثم نأخذ هولا الاخر
ونركب⁴ اطراف الاسنان التى قد عوجت الحادة على
المثلث الذى فى اللوح المساوى للمثلث المعمول⁵ من⁶
اطراف تلك الاجزاء ونعوج القضيب الرصاص حتى ينال
العلامة التى رسمها الخط الموازى فى اللوح الاخر ونرفع¹⁵
هولا ونضعه على العلامات المفروضة فى الشكل الذى لم
نستعمله فعلى اى علامة تراكب طرف القضيب فى الجسم
تلك العلامة تكون الموضوعه على موضع عين المثال المشابهة
الوضع للتى⁷ تعوج عليها القضيب الاول وكذلك ايضا

1) Codd. الذى 2) Codd. اللواح 3) BK وليخفض

4) K add. عليه 5) BCL المعلوم 6) K فى 7) Codd. الذى

Damit aber unsere Belehrung klarer werde, nehmen wir an, wir wollten ein Auge an dem Bilde eines Menschen oder dem Bilde von sonst etwas anbringen. Legen wir also die Merkpunkte der Ypsilon an das bereits vorhandene, ich meine an das gegebene, wozu wir 5 eine ähnliche Figur machen wollen und biegen wir die Spitze (S) des Zinnstabes, der an dem Ypsilon ist, bis die Spitze das betreffende Auge trifft; dann nehmen wir das Ypsilon und setzen es auf das Dreieck ($\eta\epsilon\xi$), das auf der Platte (ab) gezeichnet ist; dann senken oder 10 heben wir die andre Platte (cd), auf welcher nichts gezeichnet ist, bis sie bei ihrem Heben oder Senken die Spitze des Stabes trifft. Dann nehmen wir das Ypsilon weg und ziehen von dem Punkte (m), den der Zinnstab auf der Tafel (cd) gemacht hat, nach den Endpunkten 15 der Dreiecksseite, die auf der den beiden Platten gemeinsamen Linie liegt, zwei Linien ($m\eta$, $m\xi$), und sorgen dafür, daß die Platten sich nicht gegeneinander bewegen, ziehen durch den andern Punkt (ξ), welcher auf der beiden Platten gemeinsamen Linie liegt, eine Linie ($n\xi$) 20 parallel zu $m\xi$ (Text: zu den größten Linien, die bei der zur Grundlinie parallelen Linie sind), bis sie die andre gezogene Linie (ηm) schneidet. Dann nehmen wir das andre Ypsilon, setzen die scharfen Spitzen der Zähne, die gebogen wurden, auf das Dreieck ($\nu\theta\xi$), welches auf 25 der Tafel (ab) ist, und dem aus den Enden jener Teile ($\kappa\nu$, $\mu\theta$, $\lambda\xi$) gebildeten Dreieck gleich (kongruent) ist, biegen den Zinnstab, bis er den Punkt (n), der durch die parallele Linie ($n\xi$) auf der anderen Platte (cd) bestimmt wurde, trifft, nehmen das Ypsilon weg und setzen es auf die 30 gegebenen Punkte des noch nicht benutzten Körpers. Der Punkt, auf welchen das Ende des Stabes auf dem Körper trifft, ist der auf dem Bilde für den Platz des Auges, das eine ähnliche Lage hat wie dasjenige, auf welches wir den ersten Stab bogen, bestimmte Punkt. Ebenso biegen wir den Stab nach 35 den übrigen Teilen des Bildes und bezeichnen die ähnlich gelegenen Punkte auf dem Steine; dann konstruieren wir

كما قد تكون القضبان الرصاص التى تعمل للتماثيل¹⁾ الانسية ولتكن صورة هذا الحرف الذى يسمى هولا مشابها للاداة التى تسمى غلاغرا ولتكن الالواح التى ذكرنا متحركة الى بعضها بعض الحركة التى اذا سكنت ثبتت وكانت غير متزعزعة كالسراطين اما صنعة الآلة فهى⁵ هذه والذى نريد ان نأخبره بعد هذا هو استعمالها²⁾ ⑤ فاذا اردنا ان نعمل شكلا مجسما مشابها لشكل آخر معلوم مجسم* وله اليه نسبة³⁾ كالنسبة المعلومة فاننا⁴⁾ نقرب بسيط الشكل المجسم الى شكل⁵⁾ هولا لنماس المراكز البسيط من كل جهة ونقرب ايضا الشكل الاخر المشابه¹⁰ هولا للشكل الذى نريد ان نعمله فان اردنا ان نعمله اكبر من الشكل* المنظور اتينا بالشكل الاعظم الى المثلث الاعظم والآخر الى الباقي فليكن نريد ان نعمل الشكل⁶⁾ المشابه فى حجر او خشب او آلة اخرى ونصير على كل جسم علامات المراكز ولتكن العلامات المفروضة موضوعة¹⁵ على الاجسام وضعا متشابها ولنعمل الاجزاء الاخر على هذا العمل وليكون التعليم ظاهرا⁷⁾ نفرض كانا نريد ان نرسم عينا فى مثال انسان او مثال آخر غيره فنضع مراكز هولا على المعمول اعنى الموضوع لنا الذى نريد ان نعمل شكلا

3) BCL om. 4) BCL om. 5) B om. 6) B om. 7) B add. لحيث

ähnlichen Dreiecke seien $\eta\epsilon\xi$ und $\nu\omicron\xi$. Zeichnen wir nun über der, den beweglichen Platten gemeinsamen Linie (cb), auf der einen (ab) der Platten, eine dem eisernen Gestell kongruente Figur ($\eta\epsilon\xi$) und ziehen ferner durch eine der Dreiecksseiten eine der Grundlinie ($\epsilon\xi$) des 5 Dreiecks parallele Linie ($o\xi$), die ein andres Dreieck ($\nu\omicron\xi$), gleich (kongruent) dem eisernen Dreieck, das dem Buchstaben Ypsilon ähnlich sieht, abschneidet. Auf jedem der Ypsilon-Gestelle sei ein Zinnstab ($S\alpha$ und $s\vartheta$), dessen Ende sehr spitz ist, befestigt, so daß er, wenn er gebogen 10 und dann los gelassen wird, feststehe, d. h. nicht zittere, wie die Zinnstäbe die zu menschlichen Bildern(?) gebraucht werden. Die Form dieses Ypsilon genannten Buchstabens sei (nach der Biegung) ähnlich dem Galeagra genannten Werkzeug. Die Bewegung der genannten Platten gegen- 15 einander sei so, daß sie beim Aufhören der Bewegung feststehen und sich nicht erschüttern lassen, wie die „Krebse“. Dies ist die Herstellungsart des Instrumentes; seine Anwendung wollen wir alsbald darlegen.

Wenn wir nun eine körperliche Figur einer andern 20 ähnlich machen wollen, die zu derselben in einem bekannten Verhältnis steht, so nähern wir die Oberfläche der körperlichen Figur dem Ypsilon-Gestell, so daß die Merkpunkte auf allen Seiten die Fläche berühren, und bringen auch das andre Ypsilon-Gestell an den zu konstruierenden Körper her- 25 an. Wenn wir ihn nun größer machen wollen als den vorhandenen Körper, so bringen wir den größeren Körper an das größere Dreieck, den anderen an das zweite.

Nehmen wir an, wir wollen den ähnlichen Körper in Stein oder Holz oder einer sonstigen Masse herstellen, 30 und die Merkpunkte an jeden Körper bringen. Die angenommenen Merkpunkte mögen sich auf den Körpern in ähnlicher Lage befinden und wir konstruieren die übrigen Teile auf Grund dieses Vorganges.

1) LCK التماثيل 2) B add. يكون بالالواح
(بكوكب ms.) كما هو مبين في الصورة (الصورت ms.)

على قدر اعظم الشكليين المتشابهين المجسمين* واما صنعة
 الالة والحاجة اليها فالان نعلمها¹⁾ ولنتخذ شكليين من
 حديد يشابهان²⁾ الحرف الذي يسمى هولا فلتكن اجزاء
 كل واحد منهما الممدودة³⁾ متساوية ولنعوج اطرافها
 تعويجا له حدّة ولتكن من تعويج اثنين منها صورة مثلث⁵
 ولتكن النسبة المعلومة التي لاحد المجسمين الى الاخر
 ثلاثة امثال النسبة التي لاضلاع المثلثين⁴⁾ بعضها الى بعض
 فلتنوّم ذلك الى خطوط $\overline{اب}$ $\overline{اج}$ $\overline{ان}$ والخطوط التي قد
 عوّجت $\overline{ج ه}$ $\overline{ب ز}$ $\overline{د ح}$ والشكل الاخر خطوط $\overline{ط ك}$ $\overline{ط ل}$ $\overline{ط م}$
 ولتكن الخطوط التي قد عوّجت خطوط $\overline{ل ن}$ $\overline{ل س}$ $\overline{م ع}$ ¹⁰
 وليكن المثلثان⁵⁾ المتشابهان⁶⁾ $\overline{ح ه ز}$ $\overline{ع س}$ ولنرسم على الخط
 المشترك الذي للوحين المتحركين في احد اللوحين
 شكلا مساويا مشابها للشكل الحديد ولنخرج على احد
 خطوط المثلث خطا موازيا لقاعدة المثلث* يحيط بمثلث⁷⁾
 اخر مساو للمثلث⁸⁾ الذي من حديد الذي يشابه حرف¹⁵
 هولا وليكن على كلّ واحد من اشكال هولا قضيب من
 رصاص ملصق به وليكن طرفه محددا قويا ليكون اذا
 عوج⁹⁾ اى تعويج كان وترك⁹⁾ يسكن⁹⁾ اعنى لا يرتعد⁹⁾

2) Codd. sgl. وذلك الصنعة والحاجة اليه نعلمه 1) Codd.

المثلثات CK 5) المثلث Codd. 4) المقدودة LC 3)

6) Codd. fem. 9) B om. 8) بخط مثلث K 7) Codd. fem. 6)

Die Größe der Platten sei der Größe der größeren der ähnlichen Figuren angemessen. Die Herstellung und den Gebrauch des Werkzeugs werden wir jetzt auseinander setzen.

Nehmen wir zwei Gestelle von Eisen, die dem Ypsilon ⁵ genannten Buchstaben ähnlich sehen, und seien die Teile eines jeden der beiden ausgestreckt einander gleich. Biegen wir nun die Enden derselben, so daß die Biegung eine Spitze hat, und entstehe durch das Biegen bei beiden*) die Figur eines Dreiecks. Sei ferner das bekannte Verhältnis 10

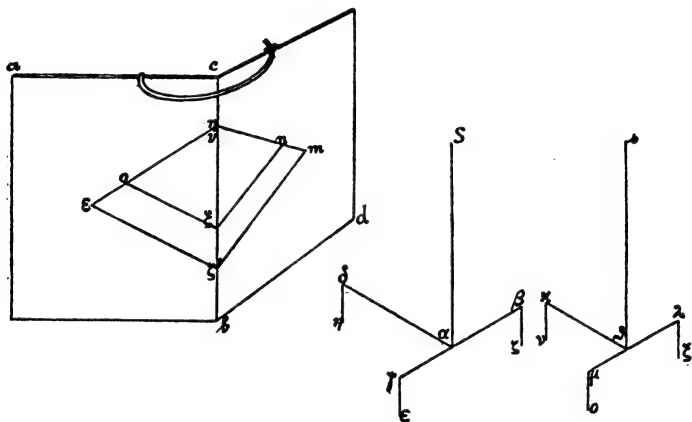


Fig. 10.

der einen der ähnlichen Figuren zur anderen gleich dem dreifachen (d. i. kubischen) Verhältnis der untereinander proportionalen Seiten der zwei Dreiecke und denken wir uns dies nun für die Linien $\alpha\beta$, $\alpha\gamma$ und $\alpha\delta$, während die Linien, die gebogen wurden, $\gamma\epsilon$, $\beta\zeta$ und $\delta\eta$ sind; das andre Gestell bestehe aus den Linien $\theta\kappa$, $\theta\lambda$ und $\theta\mu$, und die gebogenen Linien seien $\kappa\nu$, $\lambda\xi$ und $\mu\omicron$; die beiden

*) wörtlich: durch die Biegung von zweien derselben.

وَلَبَ لَخَطٍ رَضٍ وَ مَجَ لَخَطٍ شَوْنٍ دَ لَخَطٍ تَصٍ وَ سَ هَ
 لَخَطٍ ثَ طَ وَ عَزَ لَخَطٍ فَاحٍ وَلَدَخْرَجَ عَلَى عِلَامَاتٍ حَ دُضٍ وَ صَ طَ
 وَالْعِلَامَاتُ الْمَشَابِهُ لَهَا خُطُوطًا فَإِنْ قَسَمْتَ الدَّوَائِرَ الْمُنْتَاسِوِيَّةَ
 الَّتِي ^(١) عَلَى مَرْكَزِي طَحَ بِأَقْسَامٍ أَكْثَرَفَانٍ كَلَّمَا كَانَتْ الْعِلَامَاتُ
 مُتَقَارِبَةً كَانَ الْخَطُّ الْمُرْسُومُ أَكْثَرَ صِدْقَةً وَاسْتِقْصَاءً فَلْيُرْسَمْ ⁵
 خَطُّ حَ دُضٍ وَ صَ طَ فَيَكُونُ هَذَا الْخَطُّ مَسَاوِيًا وَمَشَابِهَا
 لَخَطِّ أَبْجَدَةٍ زَ لِأَنَّ السُّطُوحَ الْمُنْتَاشَابَةَ ^(٢) الْمُنْتَاسِوِيَّةَ ^(٣)
 يَتَرَاكِبُ بَعْضُهَا عَلَى بَعْضٍ ٥

[١٧] وَفِي الْأَشْكَالِ الْمَجَسِّمَةِ أَيْضًا الْمُرْتَبَةِ * وَغَيْرِ
 الْمُرْتَبَةِ ^(٤) يَنْبَغِي أَنْ تَنْوَقُمَ النُّقْلَةَ ^(٥) مُنْتَاشَابَةً أَعْنَى أَنْ تَكُونَ ¹⁰
 كُرَّةً ^(٦) بِدَلِّ الدَّائِرَةِ * الَّتِي تَعْمَلُ ^(٧) أَوْ فِيهَا ^(٨) أَوْ خَارِجَهَا ^(٩)
 أَشْكَالٌ مَا أُخْرَ مُنْتَاسِوِيَّةً مُنْتَاشَابَةً فَتَفْرُضُ عَلَيْهَا عِلَامَاتُ
 مُنْتَاشَابَةِ الْوَضْعِ وَتَخْرُجُ مِنْهَا إِلَى عِلَامَاتٍ أُخْرَ مُوَضَّوعَةٍ فِي
 أَوْسَاطِ الْأَشْكَالِ خُطُوطًا وَتَخْرُجُهَا فَإِنَّا إِذَا فَعَلْنَا ذَلِكَ
 كَانَ مِنْ هَذِهِ الْخُطُوطِ شَكْلٌ مَجَسِّمٌ مَسَاوٍ مُشَابَهُ لِلشَّكْلِ ¹⁵
 الْمَوْضُوعِ أَوَّلًا ٥

[١٨] فَأَمَّا الْمَجَسِّمَاتُ فَإِنَّا نَفْعَلُهَا عَلَى هَذِهِ الْجِهَةِ
 فَتَخَذُ لَوْحِينَ مِنْ خَشَبٍ سَطُوحِيَّةٍ مُتَحَرِّكَةٍ عَلَى ^(١٠) خَطِّ
 مُشْتَرَكٍ يَكُونُ الْخَطُّ الْمَشْتَرَكُ فِي كُلِّ حَرَكَةٍ خَطًّا وَاحِدًا
 وَذَلِكَ يَنْتَهِي إِذَا كَانَتْ مَرَاكِرُ الْهَرَمَاجَاتِ ^(١١) الَّتِي تَتَحَرَّكُ ²⁰
 عَلَيْهَا الْأَلْوَاحُ عَلَى هَذَا الْخَطِّ الْمَشْتَرَكِ وَلَيْكُنْ عَظْمُ الْأَلْوَاحِ

$\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\zeta$ befindlichen; es sei die Linie $\alpha\kappa$ gleich der Linie $\chi\delta'$, die Linie $\lambda\beta$ gleich der Linie $\varrho\varphi'$, $\mu\gamma$ gleich der Linie $\sigma\psi$, $\nu\delta$ gleich der Linie $\tau\varphi$, $\xi\epsilon$ gleich der Linie $\tau'\theta'$ und $\omicron\zeta$ der Linie $\pi\eta'$. Ziehen wir ferner durch die Punkte $\eta'\delta'\varphi'\psi\varphi\theta'$ und die ihnen ähnlichen Punkte 5 Linien, so wird, wenn wir die gleichen Kreise um die beiden Mittelpunkte η, θ in noch mehrere Teile teilen, die gezogene Linie um so richtiger und sicherer sein, als die Punkte einander näher liegen. Ziehen wir nun die Linie $\eta'\delta'\varphi'\psi\varphi\theta'$, so wird diese Linie der Linie $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\zeta$ 10 kongruent sein, weil die kongruenten Figuren sich decken.

17 Auch bei den körperlichen Figuren, den regelmässigen sowohl als den unregelmässigen, müssen wir uns die Übertragung ähnlich denken — nur dafs eine Kugel die Stelle des Kreises vertritt, innerhalb oder ausserhalb dessen wir 15 die kongruenten Figuren konstruieren. Wir nehmen also auf der Kugel ähnlich gelegene Punkte an und ziehen von ihnen nach anderen, im Innern der Figuren gelegenen Punkten Linien, und verlängern dieselben. Wenn wir dies gethan haben, so entsteht durch diese Linien eine 20 körperliche Figur, die der zuerst angenommenen gleich und ähnlich ist.

18 Um nun ähnliche körperliche Figuren zu konstruieren, verfahren wir auf folgende Weise. Wir nehmen zwei ebene Platten von Holz, die sich um eine gemeinsame 25 Linie bewegen lassen, so dafs die gemeinsame Linie bei jeder Bewegung eine und dieselbe Linie bleibt. Dies erreichen wir, wenn die Mittelpunkte der Gelenke, um die sich die Platten bewegen, in diese gemeinsame Linie fallen.

30

-
- 1) B om. 2) K المشاهدة BCL متشابهة 3) Codd.
 الكرة K 4) Codd. الغير مرتبة 5) Codd. المتقلة 6) K
 7) Codd. om. 8) Codd. فيه 9) Codd. om. 10) LK من
 11) LC الموادحات B البارماجات K المومارحات

قليلا ليكون¹⁾ المركز الذى * على الخط²⁾ الذى ذكرناه
جاءوا على هذا الخط فان المركز الاخر يرسم الشكل
المشابه للشكل الاول ويرسمه ايضا على النسبة المعلومة
لان الصفائح المستنة لاحدهما³⁾ الى الاخرى * هذه

النسبة⁴⁾ ⑤

[١٩] اما الشكل الذى يشابه الشكل المعلوم الذى
له اليه نسبة معلومة⁵⁾ فقد عملناه⁶⁾ فى الموضع الذى هو
فيه والذى نريد ان نعمل الشكل المشابه له فيه فان اراد
احد ان لا يعمل الشكل الموجود فى ذلك الموضع لكن
فى موضع اخر حيث يريد واضعه فاننا نستعمل فيه هذا¹⁰
العمل فليكن الشكل المشابه للشكل المعلوم شكل ابجدهز
وليكن الموضع⁷⁾ الذى نريد ان نعمله فيه ما يلى علامة
ح ولنفرض فى داخل شكل ابجدهز علامة ما وهى علامة
ط ولنرسم على علامتى ح ط دائرتين متساويتين فى السطح
ولنقسمهما باقسام متساوية الكثرة على علامات ل ا م ن س ع¹⁵
ف ق ر ش ت ولنصلها ونخرجها من المراكز الى الفصول
ونخرج خطوطا متساوية للاخطوط التى اخرجت⁸⁾ فى شكل
ابجدهز من علامة ح وليكن خط ا ك مساويا لخط ق ن

1) K لكون 2) B om. 3) Codd. لاحداها 4) B

om. 5) KL om. 6) B خالصنا K حصلنا 7) B om.

8) KLC om.

etwas gebogen sein, damit der, auf der von uns erwähnten Linie befindliche Merkpunkt auf dieser Linie laufe), so beschreibt der andre Merkpunkt die Figur, welche der ersteren ähnlich ist, und beschreibt sie nach dem gegebenen Verhältnisse, weil die gezahnten Scheiben in diesem Ver- 5
hältnis zu einander stehen.

- 16 Die Figur, die der bekannten ähnlich ist, und zu ihr in einem gegebenen Verhältnis steht, haben wir an der Stelle, wo sie selbst ist, und wo wir die ihr ähnliche konstruieren wollen, entworfen. Wenn man aber die zu 10
findende Figur nicht an jenem Orte, sondern an einem anderen, wo es der Anfertiger derselben gerade haben will, zeichnen soll, so verfährt man dabei also. Es sei die der bekannten Figur ähnliche, die Figur $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\xi$ und

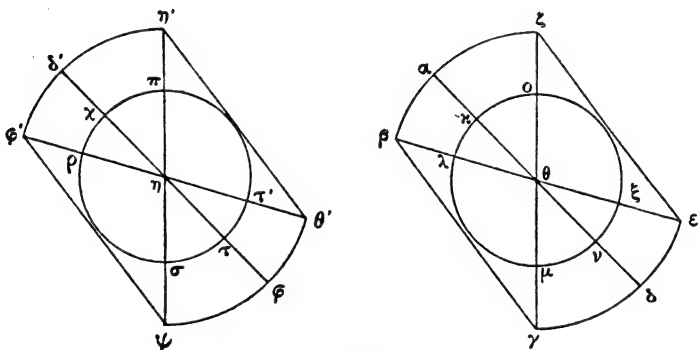


Fig. 9.

es sei der Ort, an den wir sie übertragen wollen, die 15
Umgebung des Punktes η . Nehmen wir innerhalb der Figur $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\xi$ irgend einen Punkt, den Punkt ϑ an, und schlagen wir um die beiden Punkte η und ϑ zwei sich gleiche Kreise in der Ebene und teilen sie bei den Punkten $\kappa\lambda\mu\nu\xi\omicron$ und $\pi\chi\rho\sigma\tau\tau'$ in gleichviele Teile, verbinden 20
die Teilpunkte mit den Mittelpunkten und machen die vom Punkt η ausgehenden Linien gleich den in der Figur

الصفائح قانون ذو اسنان فى تلك الجهة ولتكن اسنانها مركبة على اسنان الصفائح ولتكن هذه القوانين فى حفر ميرابى من¹⁾ قانون اخر متحرك على محور الصفائح بثقب مستدير وليكن على اطراف القوانين المضروسة مراكر تكون لخط الاشكال المتشابهة ولتكن هذه المراكز تجوز على⁵ خط مستقيم على مركز الصفائح ولان يكونا كلاهما ابدا متحركين حركة مستقيمة على مركز الصفائح وتعمل الثلاث علامات عملا واحدا وتكون ابدا على خط واحد مستقيم ينبغي ان فعل المراكز التى²⁾ فى القوانين المست³⁾ بعيد^{*} عن مركز الصفائح قدر البعد الاصغر الذى لمركز كل¹⁰ واحدة من الصفيحتين عن اطراف القوانين⁴⁾ ثم نعوّجها لتتال السطح الذى نريد ان نرسم فيه الاشكال المتشابهة فان مد⁵⁾ احد⁶⁾ مركزا⁷⁾ ما⁸⁾ فصيورة على الخط الذى يحيط بذلك الشكل وباعد الآخر عنه البعد الذى يكون ما⁹⁾ بينه وبين مركز الصفائح عند البعد الذى بينه وبين¹⁵ المركز¹⁰⁾ الاخر كنسبة اقطار الصفائح المست بعضها الى بعض وصير القانون الذى فيه الحفر الميرابى مقوسا¹¹⁾

1) B om. 2) BCL om. 3) K المستقيمة 4) Codd.:

من القوانين *قدر البعد* (*deest in B*) الذى لمركز كل
 7) B اخذ K 6) من K بدا B 5) واحد من الصفائح
 8) B om. 9) Codd. om. 10) Codd. مركز 11) LC
 منقوسا

zu einander sei jenes bekannte Verhältniß. An jeder der beiden Scheiben befinde sich ein Lineal (pr , lo) mit Zähnen nach jener Richtung (a) hin, und ihre Zähne sollen in die Zähne der Scheiben eingreifen. Diese Lineale mögen in der Nute eines anderen Lineals (ahk) laufen, welches sich auf der Achse der Scheiben mittels eines runden Loches bewegen läßt. Auf den Rändern der gezahnten Lineale mögen sich Merkpunkte (m , n) für die Linie der ähnlichen Figuren befinden, und diese Merkpunkte sollen auf einer, durch den Mittelpunkt der Scheiben gehenden, Geraden (amn) laufen. Damit sie sich aber beide immer so bewegen, daß die Bewegung auf einer, durch den Mittelpunkt gehenden, Geraden stattfindet, und die drei Punkte immer dasselbe thun und immer auf derselben Geraden bleiben, müssen wir die Merkpunkte auf den gezahnten Linealen so weit von dem 25 Mittelpunkt der Scheiben entfernt machen, als die kürzeste Entfernung des Mittelpunktes beider Scheiben von den Rändern der Lineale beträgt. Dann verschieben wir dieselben, so daß sie die Ebene, in welcher wir die ähnlichen Figuren zeichnen wollen, treffen. Wenn man nun 30 ein Merkzeichen ausstreckt, so daß es auf den Umfang jener Figur zu liegen kommt, und das andre so weit von ihm entfernt, daß der Zwischenraum zwischen dem ersten und dem Mittelpunkt der Scheiben sich zu der Entfernung zwischen diesem und dem anderen Merkzeichen verhält, wie 35 die Durchmesser der gezahnten Scheiben zu einander, (man lasse aber das Lineal, in welchem sich die Nute befindet,

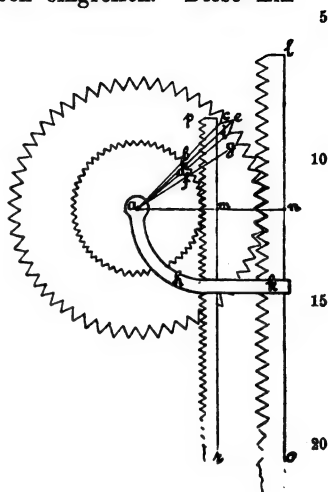


Fig. 8.

السطح¹ خط بـجـدهز وعلامة* ح ترسم خط² ح طـلـم
فنقول ان شكلي بـجـدهز ح طـلـم متشابهان برهان ذلك
انما* نرسم في بـجـدهز شكلا مستقيما الخطوط وهو شكل
بـجـدهز وايضا³ نرسم⁴ شكل ح طـلـم ونصل من علامة
الى علامات بـجـدهز خطوطا⁵ وهى الخطوط التى قد
اخرجناها وايضا نصل ح طـلـم ومن اجل ان خطوط
بـجـدهز داهـا از قد قسمت قسمة متشابهة على علامات
ح طـلـم لما فرضنا فان الشكل المستقيم الخطوط الذى
هو بـجـدهز مشابه للشكل المستقيم الخطوط الذى هو⁶
ح طـلـم وبمثل ذلك نبين انه قد يمكننا ان نرسم فى¹⁰
شكل* ح طـلـم شكلا⁷ مستقيما الخطوط يشابه كل شكل
مستقيم الخطوط يرسم فى شكل بـجـدهز لان الاشكال
التى رسمتها العلامتان متشابهة ٥

[١٥] ولنبيين الآن كيف نجد شكلا مشابها للشكل

المسطح المعلوم بآلة تكون له اليه نسبة معلومة فنعمل¹⁵
صفحتين على مركز واحد ثابتة عليه ذوات اسنان مهندمة
على محور واحد متحركة فى السطح الذى فيه الشكل
الذى نريد ان نعمل مثله ولنكن نسبة الصفائح بعضها الى
بعض تلك النسبة المعلومه وليكن على كل واحدة من

1) K add. شكل 2) B om. 3) LC انما 4) B om.

5) LC om. 6) L om. 7) B om.

Darauf seien zwei Punkte, nämlich die Punkte β, η , die sich mit der Linie bewegen. Es beschreibt der Punkt β in der Ebene die (Kreis-)Linie $\beta\gamma\delta\epsilon\zeta$ und der Punkt η die (Kreis-)Linie $\eta\theta\kappa\lambda\mu$, so behaupten wir, daß die beiden (Kreis-)Figuren $\beta\gamma\delta\epsilon\zeta$ und $\eta\theta\kappa\lambda\mu$ einander ähnlich sind. Beweis: Zeichnen wir in $\beta\gamma\delta\epsilon\zeta$ eine gradlinige Figur ein, nämlich die Figur $\beta\gamma\delta\epsilon\zeta$; zeichnen wir ferner die Figur $\eta\theta\kappa\lambda\mu$, indem wir von dem Punkte α nach den Punkten $\beta\gamma\delta\epsilon\zeta$ Linien ziehen, nämlich die Linien, die wir bereits gezogen haben; verbinden wir

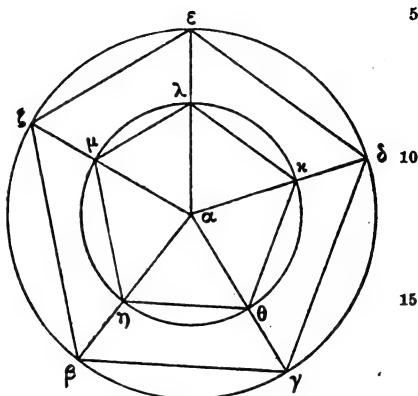


Fig. 7.

weiter die Punkte $\eta\theta\kappa\lambda\mu$, so ist, weil die Linien $\beta\alpha, \gamma\alpha, \delta\alpha, \epsilon\alpha, \zeta\alpha$ nach unserer Annahme in den Punkten $\eta\theta\kappa\lambda\mu$ in ähnlicher Weise geteilt sind, die eine geradlinige Figur, nämlich $\beta\gamma\delta\epsilon\zeta$, ähnlich der anderen geradlinigen Figur, nämlich $\eta\theta\kappa\lambda\mu$. Ähnlich beweisen wir, daß wir in der

- Figur $\eta\theta\kappa\lambda\mu$ eine geradlinige Figur ziehen können, die jeder (beliebigen) in $\beta\gamma\delta\epsilon\zeta$ gezogenen geradlinigen Figur ähnlich ist, weil die von den beiden Punkten beschriebenen Figuren ähnlich sind.
- 15 Beweisen wir nun, wie wir mit Hilfe eines Instrumentes zu einer gegebenen ebenen Figur eine ähnliche finden, die zu derselben in einem gegebenen Verhältnis steht. Machen wir zwei, gleichmäßig gezahnte, runde Scheiben (ac, ab) um denselben Mittelpunkt (a), die darauf festsitzen, und sich beide um dieselbe Achse in derselben Ebene bewegen,

[١٣] اذا كان خط ما متحركاً على نقطة ما وفرض على ذلك الخط علامتان تقسمان^١ الخط فيما يلي العلامة الثانية على النسبة المعلومة فان العلامتين اللتين^٢ تتحركان^٣ على ذلك الخط ترسمان^٤ اشكالا متشابهة فان كان الخط يتحرك على سطح فانه^٥ تكون الاشكال المرسومة * بسيطة^٥ فان لم يكن الخط متحركاً على سطح لكنه كان على^٦ مجسم فان الاشكال المرسومة^٧ تكون مجسمة اذا توقمنا العلامات بتقاربها ترسم بسائط الاشكال لانه ليس بمتنع ان نتوهم في المحسوسات هذا الوضع^٨ وذلك في المعقولات اكثر صدقاً واصح^٩ وعلى جهة اخرى تسمى الاشكال متشابهة^{١٠} اذا كان اذا رسم احدهما في الاخر وفرضت علامة ما تكون الخطوط الخارجة من العلامة الى نهايات الاشكال خطوطاً كانت اوسطوحاً تقطعها نهايات الاشكال في تلك النسبة ٥

[١٤] فاذا^٧ قد^٨ قدمنا هذا نبين انه يمكننا ان نجد شكلاً متشابهاً لكل شكل مفروض وله اليه نسبة معلومة^{١٥} واول ذلك نبينه في السطوح فلنفرض خطاً ما هو خط \overline{AB} ثابتاً^٩ على علامة \bar{A} متحركاً^٩ على سطح ولتكن عليه علامتان وهما علامتا \bar{B} تجاوزان على الخط^{١٠} ولنرسم علامة \bar{B} في

1) Codd. sgl. 2) BCL om. K فانها 3) B om. 4) CL

om. 5) B الوضع 6) B واصح K ووضح 7) BCL اذا

8) BCL om. 9) Codd. nomin. 10) Codd. الخطوط

wollen aber zuerst einiges vorausschicken, was das Verständnis dafür zu erleichtern geeignet ist; diesem werden wir dann den Beweis für jenes folgen lassen.

Man sagt, daß ebene und körperliche Figuren, mögen sie regelmäfsig oder unregelmäfsig sein, kongruent sind, 5 wenn man auf einer von ihnen eine solche geradlinige Figur beschreiben kann, daß sie der auf der anderen beschriebenen gleich und ähnlich ist; und man sagt, daß Figuren einander ähnlich sind, wenn man in einer von ihnen geradlinige Figuren derart beschreiben kann, daß 10 man in der anderen ihnen ähnliche beschreiben kann.

- 13 Wenn eine Linie sich um einen Punkt bewegt, und man nimmt auf dieser Linie zwei Punkte an, die von dem festen Punkte aus die Linie nach einem gegebenen Verhältnis teilen, so werden die beiden Punkte, die sich 15 mit dieser Linie bewegen, ähnliche Figuren bestimmen. Wenn sich die Linie nun in einer Ebene bewegt, so werden die bestimmten Figuren eben. Wenn sich aber die Linie nicht in einer Ebene, sondern in einem Körper bewegt, so sind die bestimmten Figuren körperlich, wenn 20 wir annehmen, daß die Punkte in ihrem gegenseitigen Nahesein die Oberflächen der Figuren beschreiben. Es hindert nämlich nichts, diesen Satz bei den sinnlich wahrnehmbaren Dingen anzunehmen; bei den nur gedachten ist er aber noch wahrer und richtiger. Unter einem 25 anderen Gesichtspunkte nennt man nun die Figuren ähnlich, wenn man die eine in die andere zeichnet und einen Punkt so annimmt, daß die von dem Punkte nach den Grenzen der Figuren, mögen dieselben Linien oder Flächen sein, gezogenen Linien von den Grenzen der 30 Figuren nach jenem Verhältnis geschnitten werden.

- 14 Nachdem wir dies vorausgeschickt haben, beweisen wir, daß wir zu jeder gegebenen Figur eine ähnliche finden können, die zu ihr in einem gegebenen Verhältnis steht. Wir beweisen dies zunächst für die Ebene. Nehmen 35 wir irgend eine Linie an, nämlich die Linie $\alpha\beta$, die im Punkte α befestigt ist und sich in einer Ebene bewegt.

مضروب $\overline{أ ح}$ في نفسه مساو لمضروب $\overline{د ه}$ ¹ في $\overline{ه ج}$ مع
 مضروب $\overline{ح ج}$ في نفسه ومضروب $\overline{ح ج}$ في نفسه مساو لمضروب
 $\overline{أ ح}$ في نفسه فإذا مضروب $\overline{د ه}$ في $\overline{ه ج}$ الباقي مساو لمضروب
 $\overline{د ز}$ في $\overline{ز أ}$ الباقي فإذا خط $\overline{ه د}$ عند $\overline{د ز}$ كخط $\overline{ز أ}$ عند
 $\overline{ج ه}$ وخط $\overline{ه د}$ عند $\overline{د ز}$ كخط $\overline{ب أ}$ عند $\overline{أ ز}$ وكخط $\overline{ه ج}$ ⁵
 عند $\overline{ج ب}$ فإذا خط $\overline{ز أ}$ عند $\overline{ج ه}$ وخط $\overline{ج ه}$ عند $\overline{ب ج}$ كخط
 $\overline{ب أ}$ عند $\overline{أ ز}$ فقد القينا بين خطي $\overline{أ ب}$ $\overline{ب ج}$ خطين
 متوسطين متناسبين هما خطا $\overline{أ ج}$ وذلك ما اردنا ان
 نبين \odot

[١٢] فاما كيف ينبغي ان نريد ونقص في الاشكال ¹⁰
 المرتبة سطوحية كانت او مجسمة على النسبة المعلومة فقد
 اخبرنا بذلك وقد يجب باضطرار ان نحتال في * غير
 المرتبة ³ البسيطة والمجسمة بحيلة يمكننا بها ان نعمل
 مثل ذلك العمل ولكننا نقدم أولا ما يصلح لتسهيل معرفة هذا
 ثم نتبعه بيان ذلك يقال ان الاشكال متشابهة متساوية ¹⁵
 بسيطة ومجسمة مرتبة كانت او غير مرتبة اذا امكنا ان نرسم
 في احدها من الاشكال المستقيمة الخطوط ⁴ شكلا
 مساويا متشابها للذي نرسمه في الاخر والاشكال يقال انها
 متشابهة اذا امكنا ان نرسم في احدها من الاشكال المستقيمة
 الخطوط اشكالا ما يمكننا ان نرسم اشكالا متشابهة لها ²⁰
 في الاخر ⁵ \odot

Proportionalen zu $\alpha\beta$ und $\beta\gamma$ sind, indem $\alpha\beta$ die erste, $\xi\alpha$ die zweite, $\gamma\epsilon$ die dritte und $\beta\gamma$ die vierte Proportionale ist. Beweis: weil das Viereck $\alpha\beta\gamma\delta$ ein Rechteck ist, so sind die vier Linien $\delta\eta$, $\eta\alpha$, $\eta\beta$ und $\eta\gamma$ einander gleich; und weil die Linie $\eta\delta$ der Linie $\eta\alpha$ 5 gleich ist, außerdem die Linie $\eta\zeta$ gezogen ist, so ist

$$\delta\zeta \cdot \xi\alpha + \alpha\eta^2 = \eta\zeta^2.$$

Ebenso ist

$$\delta\epsilon \cdot \epsilon\gamma + \gamma\eta^2 = \eta\epsilon^2.$$

Die Linien $\epsilon\eta$ und $\eta\zeta$ sind aber gleich; folglich ist 10

$$\delta\zeta \cdot \xi\alpha + \alpha\eta^2 = \delta\epsilon \cdot \epsilon\gamma + \eta\gamma^2$$

Es ist aber

$$\alpha\eta^2 = \eta\gamma^2$$

Daher durch Subtraktion:

$$\delta\zeta \cdot \xi\alpha = \delta\epsilon \cdot \epsilon\gamma \quad 15$$

Dann verhält sich die Linie $\epsilon\delta$ zu $\delta\zeta$ wie die Linie $\xi\alpha$ zu $\gamma\epsilon$. Die Linie $\epsilon\delta$ verhält sich aber zu $\delta\zeta$ wie die Linie $\beta\alpha$ zu $\alpha\zeta$ und wie die Linie $\epsilon\gamma$ zu $\gamma\beta$. Dann verhält sich die Linie $\xi\alpha$ zu $\gamma\epsilon$ und die Linie $\gamma\epsilon$ zu $\gamma\beta$

wie die Linie $\alpha\beta$ zu $\alpha\zeta$ (d. h. $\frac{\alpha\beta}{\alpha\zeta} = \frac{\alpha\zeta}{\gamma\epsilon} = \frac{\gamma\epsilon}{\gamma\beta}$). Wir 20

haben also zu den beiden Linien $\alpha\beta$ und $\beta\gamma$ zwei mittlere Proportionalen konstruiert, nämlich die Linien $\alpha\zeta$ und $\gamma\epsilon$. q. e. d.

- 12 Wie man regelmäßige ebene oder körperliche Figuren nach einem bestimmten Verhältnis vergrößern oder ver- 25 kleinern muß, haben wir jetzt auseinandergesetzt. Nun ist es aber auch sehr notwendig für die unregelmäßigen ebenen und körperlichen Figuren eine Methode zu ersinnen, mittels welcher uns dasselbe Verfahren möglich ist. Wir

1) C om. 2) B add. قدر 3) Codd. الغير مرتبة 4) B om. 5) LC اكثر

[11] فاما كيف نستخرج خطين متناسبين بين
خطين مفروضين فانا نبين ذلك بالة لاتا¹ لا² نحتاج*
في ذلك الى المجسمة³ ولنضع في ذلك ما كان في العمل
اكثر سهولة فليكن الخطان المفروضان خطي اب بـ وليكن
احدهما قائما على الاخر وهما الخطان اللذان نريد ان
نجد خطين متوسطين بينهما فنتم مربع ابـ د ونخرج
خطي دـ جـ دا ونصل بـ دـ جـ ا ونكتب على علامة بـ قانونا
يقطع خطي دـ اـ ز ونديره حتى يكون الخط الخارج من
علامة جـ الى تقاطع جـ مساويا للخط الخارج من علامة
جـ الى تقاطع اـ وليكن وضع القانون على هـ بـ ز وخطا هـ جـ ز⁵
متساويان فقول ان خطي اـ زـ جـ متوسطين متناسبين بين
خطي اب بـ جـ واولها اب والثاني زـ والثالث جـ والرابع
جـ برهان ذلك من اجل ان مربع ابـ د متوازي الاضلاع
قائم الزوايا فان الاربعة خطوط التي هي دـ جـ اـ جـ بـ
جـ متساوية ومن اجل ان خط جـ د مساو لخط جـ ا¹⁵
وقد اخرج خط جـ ز فان مضروب دـ ز في زـ ا مع مضروب اـ جـ
في نفسه مساو لمضروب جـ ز في نفسه وكذلك ايضا مضروب
دـ هـ في هـ جـ مع مضروب جـ ح في نفسه مساو لمضروب جـ هـ في
نفسه وخطا هـ جـ ز متساويان فاذا مضروب دـ ز في زـ ا مع

الى ذلك في الجسم : Codd. 3) K om. 2) BCL om. 1)

(المجسمة : K)

- 11 Wie man aber zwei mittlere Proportionalen zu zwei gegebenen Linien findet, wollen wir jetzt darthun mit Hilfe eines Instrumentes, wobei wir keine körperlichen Figuren nötig haben, und wollen dafür die leichteste Methode angeben. 5

Es seien die beiden gegebenen Linien die Linien $\alpha\beta$ und $\beta\gamma$; die eine stehe senkrecht auf der anderen, und beide seien die Linien, zu denen wir die beiden mittleren Proportionalen finden wollen. Vollenden wir nun das

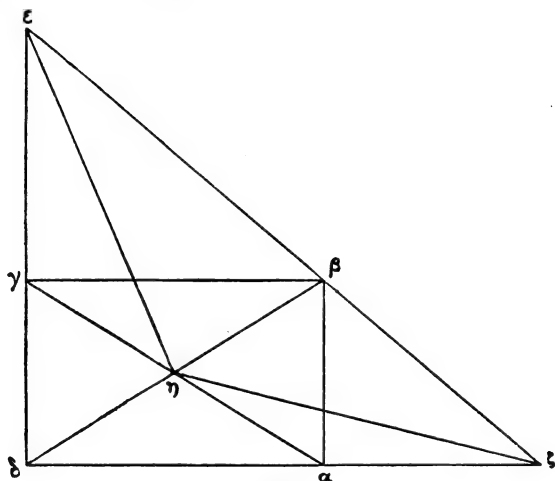


Fig. 6.

Rechteck $\alpha\beta\gamma\delta$, indem wir die beiden Linien $\delta\gamma$ und $\delta\alpha$ ¹⁰ ziehen. Verbinden wir ferner β mit δ und γ mit α , und legen an den Punkt β ein Lineal an, das die Linien $\delta\epsilon$ und $\alpha\zeta$ schneidet, drehen es, bis die vom Punkte η nach dem Schnittpunkt von $\gamma\epsilon$ ausgehende Linie der vom Punkte η nach dem Schnittpunkt von $\alpha\zeta$ ausgehenden ¹⁵ gleich ist. Die Lage des Lineals sei bei $\epsilon\beta\zeta$ und die beiden Linien $\epsilon\eta$ und $\eta\zeta$ seien gleich; so behaupte ich, daß die beiden Linien $\alpha\zeta$ und $\gamma\epsilon$ die beiden mittleren

[٩] فاما كيف نريد على^١ الاشكال البسيطة والمجسمة وكيف ننقص منها على النسبة المعلومة فانا الآن نخبر بذلك^٢ ليمكنا ان نريد في الذراع مثلا في الاشكال المجسمة والبسيطة على نسبة واحدة واول ذلك في الاشكال البسيطة فلنفرض خطأ ما معلوم النوع فريد ان نجد خطأ آخر يكون الشكليين المرسومين على الخطيين المتشابهين لاحدهما الى الاخر نسبة مثل النسبة المعلومة فليكن للخط معلوم الى خط آخر نسبة معلومة ولنفرض بين الخطيين المعلومين نسبة خط آخر وهو الخط المطلوب لانه اذا كانت ثلثة خطوط متناسبة تكون مثل نسبة^٣ الاول الى الثالث كذلك نسبة صورة الاول الى صورة الثاني المتشابهة المخطوطة بالتنشابه ٥

[١٠] ولكن هنا نريد ان نجد خطأ آخر تكون الاشكال المجسمة التي من خطيين المتشابهة المرسومة بالتنشابه لبعضها الى بعض نسبة معلومة فليكن خطأ ما له^٤ الى خط آخر نسبة ما معلومة ونفرض^٥ بين هذين الخطيين خطين آخرين في النسبة المتصلة^٦ فاذا فعلنا ذلك فحسبنا عن مطلوبنا لانه اذا كانت اربعة خطوط في نسبة متصلة تكون مثل نسبة الاول الى الرابع كذلك نسبة الصورة المجسمة التي من الخط الاول الى الشكل المجسم الذي^٧ من الخط الثاني المتشابه المخطوط على المشابهة ٥

$\alpha\gamma$ und $\beta\delta$ und aus der Bewegung von α auf der Linie $\alpha\beta$. Es legt also der eine Punkt α in gleichförmiger Bewegung zwei ungleiche Linien zurück. q. e. d.

- 9 Wie man nun ebene oder körperliche Figuren nach einem bestimmten Verhältnis vergrößert oder verkleinert, das wollen wir jetzt darlegen, um z. B. eine Elle an körperlichen oder ebenen Figuren nach demselben Verhältnis vergrößern zu können. Handeln wir zunächst von den ebenen Figuren. Nehmen wir also irgend eine der Art nach bestimmte Linie an. Nun wollen wir eine solche Linie finden, daß die über den beiden Linien beschriebenen ähnlichen Figuren in einem Verhältnis zu einander stehen, welches dem bekannten Verhältnis gleich ist. Die bekannte Linie stehe zu einer anderen in einem bekannten Verhältnis, und nehmen wir zwischen den beiden bekannten Linien die mittlere Proportionale an*), so ist diese die gesuchte Linie; denn wenn die Linien unter einander proportional sind, so ist das Verhältnis der ersten zur dritten gleich dem Verhältnis der über der ersten und zweiten nach der Ähnlichkeit beschriebenen, ähnlichen Figuren.

- 10 Nun wollen wir aber eine Linie finden, so daß die nach der Ähnlichkeit beschriebenen ähnlichen, körperlichen Figuren über den beiden Linien in einem bestimmten Verhältnis zu einander stehen. Es sei also eine Linie gegeben, die mit einer andern Linie ein bestimmtes Verhältnis bildet. Nehmen wir nun zwischen den beiden Linien zwei andere Linien in fortlaufender Proportion an, so ist das Verhältnis der ersten zur vierten gleich dem Verhältnis jeder über der ersten konstruierten körperlichen Figur zu dem über der zweiten nach der Ähnlichkeit beschriebenen, ähnlichen körperlichen Gebilde.

*) wörtlich: das Verhältnis einer anderen Linie.

1) K فى 2) K به 3) K ولفرض 4) K نسبة متصلة

فيه نقطة آ الى ب مساويا للزمان الذى يجوز فيه خط
 اب الى ج فاقول ان علامة آ فى الزمان الواحد تتحرك
 على خطين غير متساويين برهان ذلك انه اذا تحرك خط
 اب فى زمان ما فصار موضعه على خط هـ ز فان علامة آ
 المتحركة على خط اب تكون فى ذلك الزمان على خط هـ ز⁵
 فتكون نسبة واحدة نسبة خط آج الى خط اب اعنى الى
 خط ج د كنسبة خط آه الى الخط الذى من علامة هـ الى
 العلامة المتحركة عليه ولخط آج الى خط ج د نسبة هي
 نسبة آه الى هـ فاذا العلامة المتحركة على * خط اب
 تصير عند ح على خط آد الذى هو القطر وبمثل ذلك بتبيين¹⁰
 ان العلامة¹⁾ التى تجوز على خط اب هي ابداً جائرة
 على خط آد وفى ذلك الزمان تتحرك على كل واحد من
 خطي آد اب وخطا آد اب مختلفان فاذا العلامة المتحركة
 حركة معتدلة فى الزمان الواحد تجوز على خطين غير
 متساويين ولكن كما قلنا حركة العلامة على خط اب¹⁵
 مبسوطة وحركتها التى على قطر آد مؤلفة من حركة اب
 على خطي آج ب د ومن حركة آ على خط اب فاذا علامة آ
 فى الزمان الواحد بالحركة المعتدلة تجوز على خطين
 غير متساويين وذلك ما اردنا ان نبين ⑤

1) B om.

der Zeit, in welcher die Linie $\alpha\beta$ nach $\gamma\delta$ gelangt; so behaupte ich, daß der Punkt α in einer gewissen Zeit zwei ungleiche Linien zurücklegt. Beweis dafür: Wenn sich die Linie $\alpha\beta$ eine gewisse Zeit bewegt, und ihr Platz auf die Linie $\varepsilon\zeta$ fällt, so kommt der auf der Linie $\alpha\beta$ bewegte Punkt in derselben Zeit auf die Linie $\varepsilon\zeta$

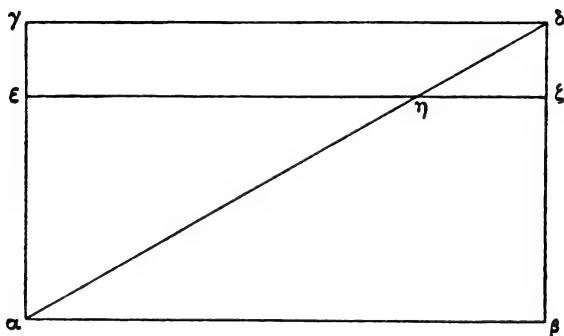


Fig. 5.

zu liegen und es tritt ein konstantes Verhältniß ein. Das Verhältniß der Linie $\alpha\gamma$ zur Linie $\alpha\beta$ d. i. zur Linie $\gamma\delta$ ist nämlich gleich dem Verhältniß der Linie $\alpha\varepsilon$ zu der Linie, die zwischen dem Punkt ε und dem auf ihr bewegten Punkte liegt. Die Linie $\alpha\gamma$ verhält sich aber zur Linie $\gamma\delta$ wie $\alpha\varepsilon$ zu $\varepsilon\eta$. Dann fällt also der auf der Linie $\alpha\beta$ bewegte Punkt nach η auf die Linie $\alpha\delta$, welche die Diagonale ist. Ähnlich beweisen wir, daß der die Linie $\alpha\beta$ durchlaufende Punkt immer auf der Linie $\alpha\delta$ weiterückt, und sich in derselben Zeit auf den Linien $\alpha\delta$ und $\alpha\beta$ bewegt. Die beiden Linien $\alpha\delta$ und $\alpha\beta$ sind aber verschieden, also legt der in gleichförmiger Bewegung fortschreitende Punkt in derselben Zeit ungleiche Linien zurück. Indessen ist, wie gesagt, die Bewegung des Punktes auf der Linie $\alpha\beta$ einfach, seine Bewegung auf der Diagonale $\alpha\delta$ aber zusammengesetzt aus der Bewegung von $\alpha\beta$ auf den beiden Linien

به أنه محال لأنه لا يمكن ان تكون قوس الدائرة العظمى مساوية لقوس الدائرة الصغرى فنقول ان قوس الدائرة الصغرى لم تتدحرج على خط $\overline{ج ج}$ فقط لكن الدائرة الصغرى تتجاوز مجاز الدائرة الكبرى معاً فيعرض ان تتحرك الدائرة الصغرى حركة مساوية السرعة لحركة الدائرة الكبرى بحركتين⁵ لانا اذا توهّما الدائرة الكبرى متدحرجة والدائرة الصغرى غير متدحرجة بل ثابتة على علاقة $\overline{ج}$ وحدها فانها في مثل ذلك الزمان تتجاوز خط $\overline{ج ج}$ فاذا مركز آ في ذلك الزمان يجوز خط $\overline{آ آ}$ وهو مسار لخطي $\overline{ب ب}$ $\overline{ج ج}$ فاذا ليس يدفع في الحركة تدحرج التفاف الدائرة الصغرى * كثير شيء¹⁰ وعليه طول مسافة الدائرة الكبرى التي تتحرك الدائرة الصغرى¹ فاننا قد نرى المركز وهو لا يتدحرج بنة يسلك ذلك البعد بالحركة التي تتحرك بها الدائرة العظمى ⑤

[٨] فاما ان تكون العلامة الواحدة * اذا تحركت² بحركتين متساويتى السرعة يمكنها ان تتجاوز خطوطا غير¹⁵ متساوية فاننا الآن نبين ذلك فليفرض سطح مربع متوازي الاضلاع قائم الزوايا وهو سطح $\overline{أ ب ج د}$ وليكن قطره خط $\overline{أ د}$ ولتكن علامة $\overline{آ}$ جائزة مجازا معتدلا على خط $\overline{أ ب}$ وليكن خط $\overline{أ ب}$ متحركاً على خطي $\overline{أ ج}$ $\overline{ب د}$ حركة معتدلة ليكون ابداً موازياً لخط $\overline{ج د}$ وليكن الزمان الذي يجاوز²⁰

1) L om.

2) BCL om.

der kleinere Kreis abwickelt, wenn er eine Umdrehung macht; dann ist also die Bewegung des kleineren Kreises gleichschnell mit der des größeren, weil die Linie $\beta\beta'$ der Linie $\gamma\gamma'$ gleich ist. Dinge aber, die in gleichen Zeiten gleiche Entfernungen durchlaufen, haben gleiche 5 Geschwindigkeit und gleiche Bewegung.

Man könnte von diesem Satze denken, er sei widersinnig, da es nicht möglich ist, daß der Umfang des größeren Kreises dem Umfang des kleineren gleich sei. Wir behaupten nun, daß nicht allein der Umfang des 10 kleineren Kreises sich auf der Linie $\gamma\gamma'$ abgerollt hat, sondern daß der kleinere Kreis den Weg des größeren mit durchläuft, so daß es sich zeigt, daß der kleinere Kreis durch zwei Bewegungen die gleiche Geschwindigkeit, wie der größere, erreicht; denn, wenn wir uns den größeren 15 Kreis rollend denken, den kleineren aber nicht rollend, sondern für sich auf dem Punkte γ festsitzend, so wird er in gleicher Zeit die Linie $\gamma\gamma'$ zurücklegen; dann legt der Mittelpunkt α in dieser Zeit die Linie $\alpha\alpha'$ zurück. Diese ist aber gleich den beiden Linien $\beta\beta'$ und $\gamma\gamma'$; dann 20 macht also das Fortschreiten der Abwicklung des kleineren Kreises für die Bewegung nichts aus, und infolge davon ist die Länge der Strecke des größeren Kreises dieselbe, um welche sich der kleine Kreis fortbewegt; denn wir sehen, daß der Mittelpunkt, ohne daß er rollt, diese 25 Entfernung durchmißt, dank der Bewegung, in welcher der große Kreis sich befindet.

- 8 Was nun den Fall betrifft, daß ein Punkt, der sich in zwei Bewegungen von je konstanter Geschwindigkeit bewegt, ungleiche Linien zurücklegen kann, so werden 30 wir das jetzt beweisen. Man nehme ein Rechteck an, nämlich $\alpha\beta\gamma\delta$, und es sei die Linie $\alpha\delta$ eine Diagonale; es laufe ferner der Punkt α in gleichförmiger Bewegung auf der Linie $\alpha\beta$ und die Linie $\alpha\beta$ bewege sich in gleichförmiger Bewegung auf den beiden Linien $\alpha\gamma$, $\beta\delta$, 35 so daß sie stets der Linie $\gamma\delta$ parallel ist; es sei auch die Zeit, in welcher der Punkt α nach β läuft, gleich

[v] وقد يمكن ان تكون حركة الدائرة الصغرى والكبرى
متساوية السرعة وان كانت الدوائر ثابتة متحركة على
مركز واحد فلنتوهم دائرتين ثابتتين على مركز واحد وهو
مركزاً وليكن خط ما يماس الدائرة الكبرى وهو خط $\overline{بب}$
ولنصل علامتي $\overline{اب}$ فيكون خط $\overline{اب}$ قائماً على خط $\overline{بب}$ ⁵
وخط $\overline{بب}$ يوازي خط $\overline{جج}$ فإذا خط $\overline{جج}$ يماس الدائرة
الصغرى وايضا فلندخرج على علامة $\overline{آ}$ خطاً يوازي هذه
الخطوط وهو خط $\overline{آآ}$ فان توهمنا الدائرة العظمى متدحرجة
على خط $\overline{بب}$ فان الدائرة الصغرى تتدحرج جائئة
على خط $\overline{جج}$ فان كانت الدائرة العظمى قد دارت دورة ¹⁰
واحدة يظهر لنا ان الدائرة الصغرى قد دارت دورة واحدة
فيكون وضع الدوائر وضع الدوائر التي مركزها على $\overline{آ}$ ويكون
وضع خط $\overline{اب}$ الوضع الذي لخط $\overline{اب}$ فلذلك يكون خط
 $\overline{بب}$ مساوياً لخط $\overline{جج}$ وخط $\overline{بب}$ هو الخط الذي تتدحرج
عليه ¹ الدائرة العظمى اذا دارت دورة واحدة وخط ¹⁵
 $\overline{جج}$ هو الخط الذي تلتق عليه الدائرة الصغرى اذا دارت
دورة واحدة فإذا الدائرة الصغرى حركتها مساوية السرعة
لحركة الدائرة العظمى لان خط $\overline{بب}$ يساوي خط $\overline{جج}$
والاشياء التي تجوز في الازمان المتساوية ابعاداً متساوية
فان حركتها متساوية السرعة ² (2) ولعلّ هذا القول يظنّ ²⁰

وهي متساوية الحركة 1) CBL om. 2) K add.

Heronis op. vol. II. ed. Nix.

- 7 Manchmal kann aber auch die Bewegung des kleineren und des größeren Kreises gleichschnell sein, selbst wenn die Kreise auf demselben Mittelpunkte festsitzen und sich um denselben drehen. Denken wir uns zwei Kreise auf demselben Mittelpunkt α befestigt, und sei eine Tangente

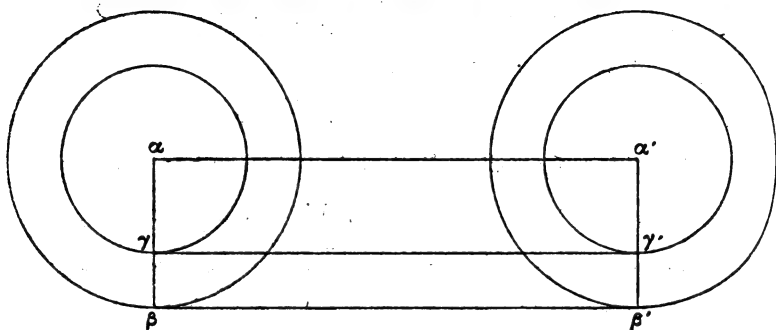


Fig. 4.

des größeren Kreises, nämlich die Linie $\beta\beta'$ gegeben. Verbinden wir ferner die Punkte α, β , so steht die Linie $\alpha\beta$ senkrecht auf der Linie $\beta\beta'$, und die Linie $\beta\beta'$ ist parallel der Linie $\gamma\gamma'$; dann ist die Linie $\gamma\gamma'$ eine Tangente des kleineren Kreises. Ziehen wir ferner durch den Punkt α eine Linie, die diesen Linien parallel ist, nämlich die Linie $\alpha\alpha'$, so wird, wenn wir uns den größeren Kreis auf der Linie $\beta\beta'$ rollend denken, der kleinere Kreis rollen, indem er die Linie $\gamma\gamma'$ durchläuft. Wenn nun der größere Kreis eine Umdrehung gemacht hat, so zeigt es sich uns, daß auch der kleinere eine Umdrehung gemacht hat, so daß die Lage der Kreise die Lage derjenigen Kreise ist, deren Mittelpunkt bei α' ist, und die Lage der Linie $\alpha\beta$ diejenige ist, welche die Linie $\alpha'\beta'$ einnimmt. Deshalb ist die Linie $\beta\beta'$ gleich der Linie $\gamma\gamma'$. Die Linie $\beta\beta'$ ist aber die Linie, auf welcher der größere Kreis rollt, wenn er eine Umdrehung macht, und die Linie $\gamma\gamma'$ ist die Linie, auf welcher sich

ايضا على هذا وبالجمله ان الذى يعرض فى الثلاث الدوائر هو يعرض فى كل الدوائر التى جملتها افراد والذى يعرض فى الدائرتين هو يعرض فى كل الدوائر التى جملتها ازواج ⑤ وقد ترى الحركة تكون مرة مماثلة ومرة مضادة ليس فى دائرتين واكثر منهما فقط لكن فى الدائرة الواحدة قد ترى 5 العلامة الواحدة مرة تتحرك فى جهة ما ومرة تتحرك فى ضد تلك الجهة فان تلك العلامة المتحركة اذا ابتدأت بالحركة من علامة ما لا تزال تتحرك فى جهة واحدة الى ان تجوز نصف دائرة فاما اذا جازت قوس نصف الدائرة الثانى 1) فانها تتحرك حركة مضادة لتلك الحركة ⑥ 10 [٩] وايضا ليس تكون الدوائر العظام ابداً اسرع حركة من الدوائر الصغار لكن قد تكون ايضا الدوائر الصغار اسرع من الكبار لانه اذا كانت الدوائر 2) على مركز واحد ثابته عليه فان الدوائر الكبار تتحرك اسرع من الصغار فان كانت الدوائر متباعدة وكانت فى جسم واحد اعنى على غير 15 20 محور واحد كما قد يكون فى العجل الكثيرة الفلك فان الدوائر الصغار تتحرك اسرع من الدوائر الكبار لان حركتها واحدة وفى الزمان الواحد كل واحدة منها تتحرك فتحتاج الدائرة الصغرى ان تدور دورات كثيرة الى ان تدور الكبيرة دورة واحدة فلذلك صارت الصغرى اسرع حركة ⑦

1) K الباقي 2) B add. الصغار 3) BCK om. L in marg.

Kreis aber die dem dritten entgegengesetzte Bewegung macht, so ist die Bewegung des ersten Kreises derjenigen des dritten gleich. Wenn sich nämlich etwas in gleichartiger Bewegung mit etwas Anderem befindet, dieses aber eine etwas Drittem entgegengesetzte Bewegung macht, so befindet sich das Erste in einer dem Dritten entgegengesetzten Bewegung. 5

Wenn ferner ein vierter Kreis vorhanden ist, so verfahren wir dabei nach derselben Methode. Überhaupt wird das, was sich bei den drei Kreisen zeigt, bei allen Kreisen eintreten, deren Anzahl ungerade ist, und was bei den zwei Kreisen der Fall ist, findet bei allen Kreisen statt, deren Anzahl gerade ist. 10

Doch sieht man nicht allein bei zwei und mehr Kreisen, daß die Bewegung bald gleichartig, bald entgegengesetzt ist, sondern bei einem Kreise sieht man, daß derselbe Punkt sich bald nach einer Richtung, bald nach der derselben entgegengesetzten hinbewegt. Denn wenn der bewegte Punkt bei irgend einem Punkte seine Bewegung beginnt, hört er nicht auf sich in derselben Richtung zu bewegen, bis er einen Halbkreis durchlaufen hat; wenn er nun den zweiten Halbkreis durchläuft, so bewegt er sich in der jener entgegengesetzten Richtung. 15 20

- 6 Ferner sind nicht immer die großen Kreise schneller beweglich als die kleinen, sondern manchmal sind auch die kleineren schneller als die größeren. Denn wenn die Kreise auf einer Achse befestigt sind, so bewegen sich die größeren schneller als die kleineren. Wenn dagegen die Kreise von einander entfernt, aber an demselben Körper sind, nämlich nicht auf derselben Achse, wie es bei den Wagen mit vielen Rädern vorkommt, so bewegen sich die kleinen Kreise schneller als die großen, weil ihre Fortbewegung eine und dieselbe ist, und in derselben Zeit jeder von ihnen sich (um gleichviel weiter-)bewegt; daher muß der kleinere Kreis mehrere Umdrehungen machen, bis der große eine macht, sodaß deshalb der kleinere in schnellerer Bewegung ist. 25 30 35

فى جهة جـ فى ذلك الرمان تجوز علامة هـ قوس هـ د وهى
متحركة حركة^(١) متضادة وايضا فى الرمان الذى تبندى
فيه علامة هـ من * ز فتجوز قوس^(٢) ز ج فى ذلك الرمان
تبندى علامة هـ من د^(٣) فتجوز قوس د ل هـ وتصير الى علامة
هـ فتكون العلامة التى تجوز على قوس^(٤) هـ د ل هـ مرة تضاد^٥
حركة العلامة التى تجوز على قوس هـ ز ج ومرة تكون مماثلة
لها وايضا فى^(٥) الرمان الذى تجوز فيه علامة جـ قوس جـ ط هـ
فيه تجوز علامة هـ قوس هـ د ل هـ مرة فى^(٦) جهة جـ ومرة
مضادة لها ٥ فان كانت القوس ثلاثة امثال القوس او فى
نسبة اخرى اى^(٧) نسبة كانت فاننا نبين ان العلامات^{١٠}
المتحركة مرة تتحرك فى جهة واحدة ومرة تتحرك فى
جهات متضادة والله الموفق ٥

[هـ] فان^(٨) توهمنا دائرة موضوعة تماس الدائرة التى
مركزها علامة بـ على علامة ل^(٩) فاننا نبين ما ذكرنا فى الدائرة
الاولى فى الدائرة الثالثة لانه اذا كانت الدائرة الاولى تتحرك^{١٥}
حركة تضاد الدائرة الثانية وكانت الدائرة الثانية تتحرك
حركة تضاد الدائرة الثالثة فان حركة الدائرة الاولى تكون
مماثلة لحركة^(١٠) الدائرة الثالثة فان تحرك شىء ما حركة
مماثلة لحركة شىء آخر وكانت تلك تتحرك حركة متضادة
لحركة اشياء اخر فان الاولى تتحرك حركة مضادة لحركة^{٢٠}
الاشياء الثالثة ٥ فان كانت ايضا دائرة رابعة بيننا ذلك

bei δ beginnend, den Bogen $\delta\kappa\varepsilon$ durchlaufen und zum Punkte ε gelangen. So wird der Punkt, der den Bogen $\varepsilon\eta\delta\kappa\varepsilon$ durchläuft, einmal die entgegengesetzte Bewegung

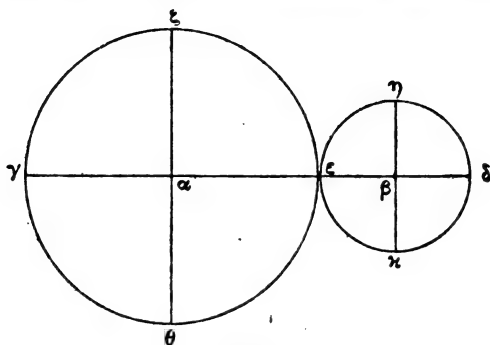


Fig. 3.

des Punktes, der den Bogen $\varepsilon\zeta\gamma$ durchläuft, machen, das andre Mal ihm gleichen. Ferner durchläuft in derselben 5 Zeit, in welcher der Punkt γ den Bogen $\gamma\theta\varepsilon$ durchläuft, der Punkt ε den Bogen $\varepsilon\eta\delta\kappa\varepsilon$ teils in gleicher Richtung mit γ , teils in entgegengesetzter.

Wenn nun der eine Bogen dreimal so groß ist, als der andre, oder in sonst einem Verhältnis dazu steht, so 10 werden wir zeigen, daß die bewegten Punkte sich teils in derselben, teils in entgegengesetzter Richtung bewegen.

5 Wenn wir uns einen dritten Kreis angelegt denken, der den Kreis mit dem Mittelpunkte β berührt, so beweisen wir von dem dritten Kreise, was wir vom ersten erwähnt 15 haben. Denn wenn der erste Kreis sich in einer dem zweiten entgegengesetzten Bewegung befindet, der zweite

1) Codd. om. 2) LCK علامة 3) B om. 4) K add.
 محيط 5) LCK om. 6) B om. 7) B om. 8) LK وان
 9) K om. 10) LBC حركة

متساويا عن زح^١ وايضا اذا كانت الحركة على قوسى
 زح ح د الى ج د كانت^٢ متساوية وهذا مما^٣ ينبغي ان
 نتوهمه على قوسى ج ط دك وعلى قوسى ط ه ل ه وايضا
 نقول انه يمكن ان تنحرك في جهة واحدة فنقول ان علامتى
 د ه تنحرك في جهة واحدة اذا كانت علامة ه تنحرك على ٥
 قوس ه ز ج وعلامة د على قوس د ل ه وكان بعدهما من
 علامتى ز ل متساويا وقربهما منهما متساويا فهذه الحركة
 تسمى المتضادة فلذلك صار المتضاد والمماثل من المضاف
 فينبغى ان تميز فى كل حركة الحركة التى تماثل والتى تضاد
 وقلنا هذا^٤ ينبغي ان نتوهم فى الدوائر المتساوية فاما ١٥
 فى الدوائر المختلفة ففيما بعد هذا نبينه^٥ ◎

[٤]^٦ فلتكن الدوائر غير متساوية ولتكن مراكزها على
 علامتى ا ب وليكن اعظم الدائرتين الدائرة التى مركزها
 على علامة ا ففى هذه الدوائر لا يتم الترتيب الذى فى
 الدوائر المتساوية فلنفرض علامتين ندرهما من علامة ١٥
 ه ولان نمثل ذلك نصير قطر ج ه ضعف قطر د فاذا يكون
 قوس ه ز ج ضعف قوس ه ح فان ذلك قد برهنه ارشميدس
 فاذا فى الرومان الذى تجوز فيه علامة ه قوس ه ز متحركة

1) Codd. ز ل 2) Codd. om. 3) CL om. 4) L om.

5) LC فما بعد هذا 6) B incipit. K add. فى الدوائر المختلفة

auch nach derselben Richtung hin stattfinden, wenn wir uns die Entfernung der Punkte gleichweit bleibend von $\xi\eta$ (Text $\xi\kappa$) denken. Ebenso wenn die Bewegung auf dem Bogen $\xi\gamma$ und $\eta\delta$ nach γ und δ hin gleichmäßig geschieht. Dasselbe müssen wir auch für die Bogen $\gamma\delta, \delta\kappa$ 5 und für die Bogen $\vartheta\epsilon$ und $\kappa\epsilon$ annehmen.

Weiter behaupten wir, daß sie sich in derselben Richtung bewegen können. Wir behaupten nämlich, daß die Punkte $\delta\epsilon$ sich in derselben Richtung (diesmal nach links) bewegen, wenn der Punkt ϵ sich auf dem Bogen $\epsilon\xi\gamma$ und 10 der Punkt δ sich auf dem Bogen $\delta\kappa\epsilon$ bewegt, und sowohl ihre Entfernung von den Punkten ξ, κ , als auch ihre Annäherung an dieselben sich gleich bleibt, sodaß doch die Bewegung die gegensätzliche heißt (weil ϵ nach oben, dann nach unten, δ nach unten, dann nach oben geht). 15 Deshalb ist das Gleiche und das Gegensätzliche nur etwas Accessorisches, und man muß bei jeder Bewegung die gleichartige und die entgegengesetzte auseinanderhalten. Diese unsere Auseinandersetzung muß bei den gleichen Kreisen beachtet werden. Was die verschiedenen Kreise angeht, 20 so werden wir es hiernach darlegen.

- 4 Über die verschiedenen Kreise. Seien nun die Kreise nicht gleich; und mögen ihre Mittelpunkte auf den beiden Punkten α und β liegen; sei ferner der größere der beiden Kreise derjenige, dessen Mittelpunkt auf dem Punkte α 25 liegt, so wird bei diesen Kreisen die Ordnung nicht vollkommen sein wie bei den gleichen Kreisen. Nehmen wir nun zwei Punkte an, die wir von dem Punkte ϵ aus umlaufen lassen und machen wir, um ein Beispiel dafür zu bieten, den Durchmesser $\gamma\epsilon$ doppelt so groß als den Durch- 30 messer $\epsilon\delta$, so wird der Bogen $\epsilon\xi\gamma$ das Doppelte des Bogens $\epsilon\eta\delta$ sein, denn das hat bereits Archimedes bewiesen. Dann wird in derselben Zeit, in der der Punkt ϵ in seiner Bewegung nach γ hin, den Bogen $\epsilon\xi$ durchläuft, der Punkt ϵ in entgegengesetzter Bewegung den Bogen $\epsilon\eta\delta$ durch- 35 laufen. Ferner wird in derselben Zeit, in der der Punkt ϵ , bei ξ beginnend, den Bogen $\xi\gamma$ durchläuft, der Punkt ϵ ,

اعظم من الاخرى دارت الصغرى مرّات الى ان تدور الكبرى
مرّة على حسب ما فيهما¹⁾ من العظم ⑤

[٣] فان قد بان ذلك في هذه المقدّمة فلندرد اثنتين

متساويتين اولاهما ح هـ د والثانية ز ح طه على مركزي اب
وتماسّان على نقطة هـ فاذا تحركتا من نقطة هـ في زمان⁵
واحد مقدار النصف منهما ففي ذلك الزمان علامة هـ
تجوز قوس هـ ح د وتصبح الى علامة د متحركة مثل حركة
علامة ج * على قوس ح طه⁶⁾ فاذا قد يمكن ان تتحرك
علامات ما في جهة واحدة ويمكن ان تتحرك بالتضادّ
أمّا ما يكون منها في جهة واحدة فيتحرك بالتضادّ واما¹⁰
ما يكون⁸⁾ منها نظائر ففي جهة واحدة وقد يمكن ان
يكون ما يقال له انه يتحرك بالتضادّ⁴⁾ يتحرك في جهة⁹⁾
واحدة لان العلامات ان تحركت وكانت حركتها من
علامة واحدة وهي علامة هـ وتوقّفنا خطّي زاط ح بـ
قائمين على خط ح د تكون الحركة التي على قوس هـ ز¹⁵
ضدّ الحركة التي⁸⁾ على قوس هـ ح لان احدهما يتحرك
الى الجهة اليمنى والاخرى الى اليسرى وقد يمكن ان
تكون الحركة في جهة واحدة اذا توقّفنا بعد العلامات

ان K add. 4) كان LC 3) فيها Codd. 1)

هي LC add. 6) من علامة C من جهة LK 5) أنه LC add.

so geht das kleinere öfter herum, bis das größere sich einmal dreht, nach Maßgabe der Größe, die sie besitzen.

- 3 Nachdem dies nun in dieser Einleitung klargelegt ist, mögen wir zwei gleiche Kreise, nämlich $\eta\epsilon\delta$ und $\zeta\gamma\theta\epsilon$, um ihre Mittelpunkte α, β drehen, während sie sich im Punkte ϵ berühren. Wenn sie sich nun vom Punkte ϵ aus in derselben Zeit um den Betrag ihrer Hälfte bewegen, so durchläuft in dieser Zeit der Punkt ϵ den Bogen $\epsilon\eta\delta$ und gelangt zu dem Punkte δ , indem er sich bewegt wie der Punkt γ auf dem Bogen $\gamma\theta\epsilon$. Dann kann es vor- 10

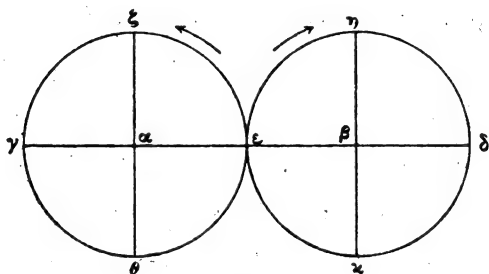


Fig. 2.

kommen, daß Punkte sich in derselben Richtung bewegen und vorkommen, daß sie sich gegensätzlich bewegen. Die auf derselben Seite liegenden bewegen sich gegensätzlich, die einander entgegengesetzten bewegen sich nach derselben Richtung. Es kann aber vorkommen, daß Punkte, die 15 als in entgegengesetzter Bewegung befindlich bezeichnet werden, nach derselben Richtung gehen (beide nach oben, oder beide nach unten). Denn, wenn Punkte sich bewegen, und ihre Bewegung von einem Punkte, nämlich dem Punkte ϵ , ausgeht, und wir zwei Linien $\zeta\alpha\theta$ und 20 $\eta\beta\alpha$ senkrecht auf der Linie $\gamma\delta$ denken, so ist die Bewegung auf dem Bogen $\epsilon\zeta$ das Gegenteil der Bewegung auf dem Bogen $\epsilon\eta$, da die eine nach der rechten, die andre nach der linken Seite geht. Die Bewegung kann

رش * وتكون ثابتة على محور اخر وهو محور ح ذ^(١) فتكون
 فلكة ت ت تحتاج من القوة الى اربعة قناطير والقوة المفروضة
 لنا خمسة قناطير فتكون في هذه القوة زيادة قنطار
 يستظهر به لما عسى ان يعرض من عسر الفلك \odot فقد
 تبين مما وصفنا ان المحرك اذا حرك فلكة ت ت دار محور^٥
 ح ذ ودار بدورانه فلكة رش ودار لذلك محور ص
 فدارت فلكة ق ق ودارت فلكة س س معها ودار لذلك
 محور ل ل ودارت فلكة م م ودارت فلكة ح ط ودار لذلك
 محور ز ز فالتقت القلوس على المحور وارتفع الثقل فقد
 رفعنا بقوة خمسة قناطير ثقلاً مبلغه ألف قنطار بهذه^{١٠}
 الحيلة التي وصفناها وذلك ما اردنا ان نبين \odot * حاشية
 ينبغي ان يخرج محور د ح الى ض ويقام عليه عمود ض ط
 مساوياً لنصف قطر فلكة ت ت او اكثر منه^(٢) والله اعلم^(٣) \odot
 [٢] * في الدوائر^(١) ان^(٢) الدوائر الثابتة على محور
 واحد تكون حركتها ابداً الى جهة واحدة وهي الجهة التي^{١٥}
 يتحرك اليها المحور والدوائر التي تكون على محورين
 ويتراكب بعضها في بعض بدند انجات تكون حركتها الى
 جهتين مختلفتين فتكون احدهما الى ناحية اليمين
 والاخرى الى ناحية الشمال واذا كانت الدائرتان متساويتين
 استوفت دورة احدهما الى اليمين دورة الاخرى الى^{٢٠}
 اليسار واذا كانتا غير متساويتين فكانت احدهما

so wird die Kraft, welche die Last bei dem Zeichen $\rho\sigma$ bewegt, 8 Talente sein; die von uns angenommene Kraft ist aber nur fünf Talente.

Richten wir also ein andres Zahnrad, nämlich das Rad $\tau\tau'$ ein, dessen Durchmesser das Doppelte des Durchmessers vom Rade $\rho\sigma$ sei, und sei es auf einer anderen Achse, der Achse $\eta'\delta'$ befestigt, so benötigt das Rad $\tau\tau'$ an Kraft vier Talente, sodafs bei dieser Kraft ein Überschuß von einem Talente vorhanden ist, dessen man sich zur Überwindung des Widerstandes der Räder, der etwa eintritt, bedient. Aus unserer Darlegung erhellt: Wenn der Bewegende das Rad $\tau\tau'$ in Bewegung setzt, dreht sich die Achse $\eta'\delta'$ und durch ihr Umdrehen dreht sich das Rad $\rho\sigma$; deshalb dreht sich die Achse $\varphi\iota$ und es dreht sich das Rad $\pi\chi$; zugleich damit dreht sich das Rad $\xi\omicron$ und die Achse $\kappa\lambda$; deshalb dreht sich das Rad $\mu\nu$ und das Rad $\mu\nu$ versetzt das Rad $\eta\theta$ in Umdrehung, weshalb sich auch die Achse $\varepsilon\zeta$ dreht, die Seile sich um die Achse aufwickeln und die Last sich hebt. Wir haben also durch eine Kraft von fünf Talenten eine Last im Betrage von 1000 Talenten gehoben, mittels des eben beschriebenen Mechanismus. q. e. d.

- 2 Von den Rädern. Die auf einer Achse befestigten Räder bewegen sich immer nach einer Seite, nämlich nach der Seite, nach der sich die Achse bewegt. Die Räder, die auf zwei Achsen sitzen, und mit Zähnen ineinandergreifen, bewegen sich nach zwei verschiedenen Richtungen, sodafs das eine nach der rechten, das andre nach der linken Seite geht. Sind die beiden Räder gleich, so entspricht eine Umdrehung des einen davon nach rechts völlig einer Umdrehung des andern nach links; sind sie aber ungleich, sodafs das eine gröfser ist als das andre,

1) CL om. 2) CK om. 3) L om. 4) CL om.
5) Codd. لان

اعنى^١ الرجل المحرك او الصبي الذى يمكنه ان يحرك
 بنفسه بلا حيلة خمسة قناطير فاذا ادخلنا القلوس
 المشدودة فى الحمل من ثقب ما فى حائط اب حتى تلتفت
 على محور $\bar{هـ}$ فانه بدور^٢ فلكة $\bar{ح ط}$ وبالتفاف القلوس يتحرك
 الحمل ولان تتحرك فلكة $\bar{ح ط}$ يحتاج من القوة الى ما^٣ئتى 5
 قنطار لان قطر الفلكة خمسة امثال قطر المحور على ما
 فرضناه وذلك قد تبين فى يراهمين الخمس قوى ولكن ليس
 لنا قوة ما^٤ئتى قنطار^٥ فاذا الفلكة لا تتحرك فنعمل محورا
 آخر موازيا لمحور $\bar{هـ}$ وهو محور $\bar{ل هـ}$ ولتكن عليه فلكة
 ثابتة ذات اسنان وهى فلكة $\bar{م ن}$ ولتكن فلكة $\bar{ح ط}$ ايضا 10
 ذات اسنان تتراكب على اسنان فلكة $\bar{م ن}$ ولتكن على محور
 $\bar{ل هـ}$ فلكة اخرى ثابتة وهى $\bar{س ع}$ يكون قطرها خمسة امثال
 قطر $\bar{م ن}$ فيحتاج من القوة فى^٦ ان نحرك الثقل بفلكة
 $\bar{س ع}$ الى اربعين قنطارا لان خمس المائتى قنطار اربعون
 قنطارا وايضا نركب على فلكة $\bar{س ع}$ فلكة اخرى وهى فلكة 15
 $\bar{ف ق}$ ثابتة على محور آخر وهو محور $\bar{ى ص}$ ولتكن على
 هذا المحور فلكة اخرى ثابتة عليه يكون قطرها خمسة امثال
 قطر فلكة $\bar{ف ق}$ ^٧ وهى فلكة $\bar{ر ش}$ فنكون القوة التى تتحرك
 الثقل عند علامة $\bar{ر ش}$ ثمانية قناطير ولكن القوة المفروضة
 لنا انما هى قوة خمسة قناطير فلنركب فلكة اخرى 20
 ذات اسنان وهى فلكة $\bar{ت ث}$ وليكن قطرها مثلى قطر فلكة

Durchmessers der Achse $\varepsilon\zeta$. Um aber unsere Konstruktion durch ein Beispiel zu erläutern, mögen wir als die zu ziehende Last tausend Talente annehmen, und als bewegende Kraft fünf Talente, nämlich den Mann oder den Knaben, der allein, ohne Maschine, fünf Talente bewegen kann. 5
 Wenn wir nun die an der Last befestigten Seile durch ein Loch in der Wand $\alpha\beta$ einführen, sodaß sie sich auf der Achse $\varepsilon\zeta$ aufrollen, so wird sich durch die Umdrehung des Zahnrades $\eta\theta$ und durch das Aufrollen der Seile die Last bewegen lassen. Damit sich aber das Zahnrad $\eta\theta$ 10 bewege, braucht man zweihundert Talente an Kraft, weil der Durchmesser des Zahnrades das Fünffache des Durchmessers der Achse ist, nach unserer Annahme — das ist in den Beweisen zu den fünf einfachen Potenzen dargethan worden. — Wir haben aber keine Kraft von 200 Talenten, 15 da die von uns angenommene Kraft fünf Talente beträgt; also wird sich das Zahnrad nicht bewegen lassen. Konstruieren wir nun eine andere Achse, parallel der Achse $\varepsilon\zeta$, nämlich die Achse $\kappa\lambda$, und sei darauf ein Zahnrad, nämlich das Rad $\mu\nu$, befestigt; habe ferner das Rad $\eta\theta$ ebenfalls Zähne, die in die Zähne des Rades $\mu\nu$ eingreifen, 20 und sei auf der Achse $\kappa\lambda$ ein anderes Rad befestigt, nämlich $\xi\omicron$, dessen Durchmesser das Fünffache des Durchmessers von $\mu\nu$ ist, so bedarf man, um die Last durch das Rad $\xi\omicron$ zu bewegen, 40 Talente an Kraft, weil der 25 fünfte Teil von 200 Talenten 40 Talente sind. Lassen wir weiter in das Rad $\xi\omicron$ ein anderes Rad, nämlich das Rad $\pi\chi$, das auf einer andern Achse, nämlich der Achse $\varphi\iota$ fest sitzt, eingreifen, sei ferner auf dieser Achse ein andres Zahnrad befestigt, dessen Durchmesser das Fünf- 30 fache des Durchmessers von $\pi\chi$ ist, nämlich das Rad $\varrho\sigma$,

1) LC فان دور 2) Codd. فان دور 3) K add. لان القوة
 المقروضة لنا خمسة قناطير 4) CK الى 5) LC add.
 ثابتة على محوري ص

بسم الله الرحمن الرحيم ربّ يسّر برحمتك

المقالة الاولى من كتاب اهرن في رفع الاشياء الثقيلة

امر باخراجه من اللغة اليونانية الى اللغة العربية

ابو العباس احمد بن المعتصم وتولى ترجمته قسطا¹⁾

ابن لوقا البعلبكي

5

[1] نريد ان نحرك الثقل المعلوم بالقوة المعلومه

بتراكيب فلك ذات اسنان فيعمل²⁾ شكل ثابت شبيه

بالصندوق وليكن في حيطانه الطوال المتوازية محاور

متوازية ويكون بعدها بالقدر الذى تتراكب الاسنان

التي لاحدها³⁾ في الاسنان التي للآخر كما سيبين فليكن¹⁰

هذا الشكل صندوق عليه⁴⁾ ا ب ج د وليكن فيه محور موضوع

تكون حركته سلسة وهو هـ ز ولتكن عليه فلكة مستة ثابتة

عليه وهى فلكة ح ط وليكن مثلاً قطرها خمسة امثال قطر

محور هـ ز ولان يكون عملنا مثلاً نصير الثقل الذى نريد

ان نجره الف قنطار والقوة المحركة⁵⁾ خمسة قنطير¹⁵

1) K قسطنطين 2) K add. كل 3) L احدهما 4) L om.

5) K add. له

DIE MECHANIK DES HERON VON ALEXANDRIA.

ERSTES BUCH.

1 Wir wollen eine bekannte Last mittels einer bekannten Kraft durch den Mechanismus von Zahnrädern bewegen. 5

Zu diesem Zwecke macht man ein Gestell, ähnlich einer Kiste, in deren längsten, parallelen Wänden parallele Achsen ruhen, in einem so bemessenen Abstand, daß die Zähne der einen in die Zähne der anderen eingreifen, wie wir gleich auseinandersetzen werden. 10

Es sei dieses Gestell eine Kiste, bezeichnet mit $\alpha\beta\gamma\delta$, darin ruhe eine leicht bewegliche Achse, bezeichnet $\varepsilon\xi$,

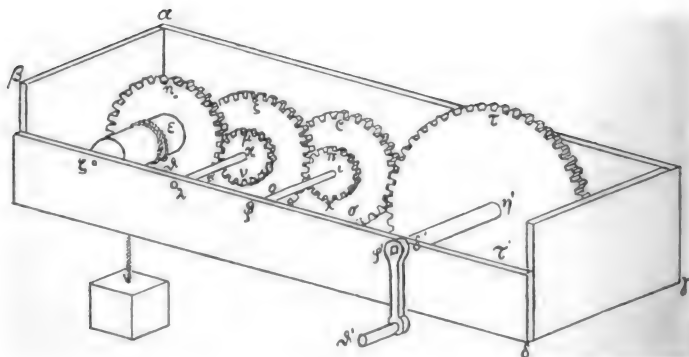


Fig. 1.

auf der ein Zahnrad, das Rad $\eta\theta$, befestigt sei. Sein Durchmesser betrage beispielsweise das Fünffache des

DIE MECHANIK.

3) II, 5 S. 107, 4 = Pappus 1124, 21 **وقد يمكن** = **ἔξεστιν δὲ**

4) II, 5 S. 109, 8 = Pappus 1126, 18 **وقد يمكن** = **ἔξεστιν δὲ**.

Aus diesen Stellen läßt sich durchaus nichts für eine etwaige Erklärung dieser seltsamen Erscheinung entnehmen. Dafs δὲ nicht durch **قد** übersetzt sein kann, ist klar, da diesem wohl das **و** entsprechen dürfte. Es müssen also zunächst andere Beispiele für diese (und einige andere) Eigentümlichkeiten etwa aus anderen Übersetzungen des Kosta ben Luka beigebracht werden, ehe man sich an eine Erklärung heranwagt.

die angiebt, wie die „starken Speichen“ auf griechisch heißen. Das Wort ist unpunktiert und sieht so aus: دربا. Ich möchte entweder بربا oder برنا punktieren, und darunter das griechische Wort *περόνη* oder sein Synonym *πόρπη* finden, da der Dorn einer Schnalle ähnlich in den Riemen einsticht wie die Speichen in das Rad an der Welle.

VII. DIE SPRACHE DES ARABISCHEN ÜBERSETZERS.

Zum Schlusse möchte ich nun nur noch eine kurze Bemerkung über das Arabische der Übersetzung des Kosta ben Luka anfügen. Die Abweichungen vom Altarabischen dürften hauptsächlich den Abschreibern zur Last fallen, die aus Unachtsamkeit und mangelndem Verständnis Punktations-, Kasus- und Kongruenzfehler reichlich haben einreißen lassen, die ich nicht überall korrigiert habe. Die Kategorie der Kongruenzfehler ist besonders bei dem Pronomen und Adjektiv stark vertreten; außerdem ist die Syntax der determinierten Kardinalzahlen sehr häufig die moderne, indem der Artikel vor dem Zahlwort steht, aber bei dem folgenden Substantiv fehlt. Ebenso hat bei غير immer dieses und nicht das folgende Wort den Artikel, wie im modernen Gebrauch. Zuletzt ist noch eine, so weit ich es beurteilen kann, nur in unserer Übersetzung vorkommende Eigentümlichkeit zu erwähnen, nämlich das häufige Auftreten von قد vor dem Imperfektum in konstatierendem Sinne, nicht mit der Bedeutung manchmal oder dergl. Vier Stellen, wo dieses قد vorkommt, sind griechisch erhalten, nämlich:

- 1) II, 2 S. 99, 11 = Pappus 1118, 23 علمت انه قد يمكن
= ἐνόησαν ὅτι δυνατόν
- 2) II, 2 S. 101, 20 = Pappus 1120, 24 وقد يجب = οὕτως
δὲ δεῖ

χυλώ zusammenhängt. So wird also wohl hier ein Mißverständnis des arabischen Übersetzers vorliegen.

18) Ein andres Beispiel von allzuwörtlicher Übersetzung finden wir III, 15, wo mehrfach von einem „Backstein“ die Rede ist. de Vaux übersetzte das Wort mit andrer Punktierung „Kissen“, doch dürfte ersteres richtig sein, wenn wir nach einer Vermutung des Herrn Dr. Schmidt annehmen, daß im Griechischen an den betreffenden Stellen *πλινθίων*, Ziegel, Platte, gestanden hat, was ganz gut paßte.

19) III, 8 ist von zwei eisernen Pflöcken die Rede, vom Aussehen des *حرف غما* (vgl. die vv. ll.). De Vaux übersetzte nach seiner Konjektur „en forme de crochet“. Die drei ersten Buchstaben sind aber in allen Handschriften sicher und bei de Vaux's Übersetzung bleibt *حرف* unberücksichtigt. *حرف* ist wieder wie oben I, 18 Buchstabe und unter dem Folgenden vermute ich den Buchstabenamen Gamma. Gamma würde, allerdings in der älteren Form *Γ*, die vielleicht durch den überstrichenen Haken dargestellt werden sollte, aber durch Abschreiber in die in der Note zur Stelle angegebenen Formen gebracht wurde, für den Vergleich mit der Form der in Fig. 53 oben gezeichneten Pflöcke wohl geeignet sein, und es wäre also *غما* zu lesen, wie ich auch im Text geschrieben habe.

20) III, 13, 14 kommt in verschiedener Form ein Wort vor, welches de Vaux einmal als dem griechischen *ληνός* entsprechend, das andere Mal als *lāas* gefaßt hat. Nun bedeutet *ληνός* niemals den Pressbalken, und *lāas* ist ein so seltenes Wort, daß es wohl nicht hier, III, 14, gestanden haben wird. Ich halte die beiden einander sehr ähnlichen Schriftzüge für dasselbe Wort, nämlich *لتس*, als Transskription des griechischen *λῆθος* und emendiere die Stelle III, 13 so wie im Text gedruckt ist, wodurch ein vollständig guter Sinn geboten wird. Vgl. die Übersetzung dieser Stelle.

21) III, 15 hat B (und zwar nur B) zu „lange Speichen“ S. 228, 22 (Text S. 231, 5) eine Anmerkung,

10) **منغن** = **μάγνανον** die Achse am Flaschenzug, auf der die Räder sitzen. II, 3.

11) **طولس** = **τύλος** ein hölzerner Zapfen. II, 5.

12) **قانون** pl. **قوانين** = **κανών** Lineal. I, 15. II, 5.

13) **اودس** = **ὀδός** oder **οὐδός** die Schwelle. III, 3.

14) **اورس** = **ὄρος** Preßbalken. III, 15 vgl. Nr. 17.

15) **طرمىس** liest de Vaux zu III, 15 **τράμις**. Das paßt aber hier nicht; ich lese **τόρμος**, was sich besser mit dem Sinn der Stelle vereinbaren läßt; doch ist diese Stelle in ihren Einzelheiten recht unklar.

Es verbleiben noch einige Wörter, die gewisse Schwierigkeiten bieten.

16) Zunächst tritt II, 5 und II, 11 ein Wort auf, das alle Handschriften **سلاح** schreiben, wofür de Vaux **ساج** las und es mit **σύζυξ** zusammenbrachte. Die Lesung **سلاح** dürfte aber richtig sein. Denn II, 5 verglichen mit Pappus 1126, 13 zeigt, daß der Araber eine kleine Erläuterung eingeschoben hat, um das Wort für Seil **ὄπλον** zu erklären. Er sagt nämlich (wörtlich): Wir nehmen ein Seil von den Seilen, welche **سلاح** genannt werden. **ὄπλον** im Sinne von Seil war ihm wahrscheinlich nicht sehr geläufig; da es aber hier Seil heißen muß, setzte er die Erklärung bei und übersetzte in derselben **ὄπλον** in der ihm bekannten Bedeutung „Waffe“ mit dem dieser Bedeutung entsprechenden Wort **سلاح**.

17) Ähnlich ist die Stelle III, 13, wo **ὄρος** der Preßbalken, ebenfalls wohl wegen seiner, dem Übersetzer nicht geläufigen Bedeutung fälschlich für **τὸ ὄρος** gefaßt und mit der dem letzteren Worte eignen Bedeutung „Berg“ arab. **جبل** wiedergegeben, während es III, 15 als Lehnwort **اورس** (vgl. Nr. 14) geschrieben wird. Der erste Herausgeber wollte **خيل** lesen und dies mit dem griechischen **χυλώω** zusammenbringen. Doch giebt es, soweit ich in den Lexica sehe, kein Wort für Preßbalken, das mit

hatte eine Zeitlang daran gedacht, statt اللجآت zu lesen اللجآت. Doch ist ein derartiger Plural von لجة oder ähnliche Femininplurale von Singularen tertiae hamzae nicht zu belegen, so weit wenigstens meine Untersuchungen reichen. Ich schlage also einstweilen noch لجات vor. Dasselbe Wort لجات (vgl. die vv. ll. zur Stelle) tritt noch einmal auf III, 15 bei der zweiten Hebelpresse. Dort kann es aber nicht Wiedergabe des griechischen χελώνη sein, denn es ist daselbst die Rede von Schwellen, durch welche die auf dem Pressbalken laufende Rolle (vgl. Fig. 57) verhindert werden soll, sich weiter zu bewegen als nötig ist. χελώνη hat nun nicht die Bedeutung Schwelle oder dergl., wohl aber könnte im griechischen Texte hier χελώνειον gestanden haben, und von dem arabischen Übersetzer durch لجة „Kröte“ wiedergegeben worden sein. Auf diese Vermutung brachte mich Blümmers Technologie III, S. 127, wo chelonia in ganz ähnlicher Weise als Hemmungen gegen das Herabrutschen des Seiles, an welchem der Flaschenzug angebunden ist, bei Vitruv (s. unten S. 380) gebraucht wurden. Vgl. χελωνάριον = κωλυμάτιον Bd. I, 100, 3, 4.

Lehnwörter, die ohne weiteres identifiziert werden können, sind folgende:

- 4) مخل pl. امخال = μοχλός Hebel. II, 1 u. ö.
- 5) غالاغرا I, 1 u. ö. = γαλεάγρα.
- 6) اسفين pl. اسافين = σφῆιν Keil. Die Lexika geben nur سفين an, doch hat der arabische Text durchgehends اسفين.
- 7) برطركين (nach einer Konjektur de Vaux's) = περιτρόχιον das Rad (an der Welle). II, 1 u. ö. Vielleicht besser برطرخين zu schreiben.
- 8) قلوس pl. قلوس = κάλως Tau. II, 1 u. ö.
- 9) ابو مخليون = ὑπομόχλιον der Stein unter dem Hebel. II, 2 u. ö.

Übersetzung hat dafür: à la pince que l'on appelle chélé. Zunächst hat حرف niemals die Bedeutung pince, wenigstens geben sie die Wörterbücher nicht an und hinter هولا das griechische χηλή zu finden, ist so gut wie unmöglich. Ich nehme حرف in der allgemein bekannten Bedeutung Buchstabe und es ergibt sich die Vergleichung des dreiarmigen Eisens mit dem griechischen Buchstaben Ypsilon ganz von selbst. Das Wort هولا wäre natürlich stark verderbt, wenn es den ganzen griechischen Namen Ypsilon darstellen sollte. Da aber die übrigen Lehnwörter alle sehr oder ziemlich gut erhalten sind, dürfen wir vielleicht in den beiden ersten Zeichen den Laut des Ypsilon (mit h für den Spiritus lenis, weil او für anlautendes o steht, z. B. Nr. 13 u. 14) und in den beiden letzten Zeichen die verderbte Wiedergabe der Form des grossen griechischen Ypsilon erkennen (vgl. unten Nr. 19). Doch sei diese Deutung nur mit allem Vorbehalt gegeben.

Der Vergleich des Eisengestelles nach Biegung der Arme (ohne den Stab) mit einer Galeagra, wie sie III, 16 beschrieben wird, dürfte wohl nicht zu gewagt sein, wenn man sich eine Galeagra mit nur drei Seiten, statt der III, 16 angegebenen vier, denken will.

3) I, 21, S. 58, 5 vermutet de Vaux unter dem handschriftlichen لجات wie III, 1 das griechische χελώνη. Die letzte Stelle weist aber darauf hin, daß dahinter ein arabisches Wort steckt. Die Stelle III, 1 ist griechisch erhalten und lautet Pappus 1130, 11 u. 12: Τὰ μὲν οὖν ἀγόμενα ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, φησὶν, ἐπὶ χελώνας ἄγεται. ἡ δὲ χελώνη πῆγμα ἐστὶν κτλ. Da nun die im Arabischen den beiden Worten χελώνας und χελώνη entsprechenden Ausdrücke eine grosse Ähnlichkeit im Konsonantengerippe aufweisen, das χελώνη korrespondierende aber gut arabisch ist, so vermute ich in dem in Rede stehenden Wort nur eine kleine Verderbnis und lese اللجات als Plural des χελώνη vertretenden اللجاء in III, 1. Ich

Beweglichkeit der Platten nur für 180° denken, wohl auch die Dreieckspunkte mehrfach an verschiedenen Stellen bestimmt werden, um immer nur nach oben zugespitzte Pyramiden zu erhalten. Für das Verständnis des zweiten Teils von I, 19 wird das eben Gesagte und die dort gegebenen kurzen Anmerkungen wohl genügen.

Zu III, 20, Fig. 60 ist zu bemerken, daß meine Rekonstruktion der Presse mit einer Schraube etwas einfacher ist, als Heron angiebt. Er dachte sich wohl die Preßplatte rechts und links in den Nuten der beiden Pfosten laufend wie in Fig. 59.

Bei den übrigen Rekonstruktionen habe ich die Zeichnungen der Figuren an den betreffenden Stellen der Übersetzung eingefügt, was dem Leser hoffentlich eine gewisse Erleichterung bei schwierigen Partien, wie III, 21, gewähren wird.

VI. DIE GRIECHISCHEN LEHNWÖRTER IN DER MECHANIK.

Es erübrigt noch, die in dem arabischen Text vorkommenden griechischen Lehnwörter kurz zu besprechen.

1) Mech. I, 18, S. 37, ²⁰ wird für die, die beiden Platten zusammenhaltenden und ihre Beweglichkeit bedingenden Scharniere ein Wort gebraucht, das offenbar verderbt ist. Ein Ausdruck für eine solche Einrichtung ist sonst *στροφαματία*, das zweimal bei Heron vorkommt. Das läßt sich aber aus dem Konsonantengerippe des arabischen Wortes nicht herauslesen. Ich möchte das griechische Wort *ἀρμολή* darin wiedererkennen, das sich viel leichter mit dem arabischen Wortbild zur Übereinstimmung bringen läßt. Es wäre dann mit arabischer Pluralendung *هروارجات* harmogât zu schreiben.

2) In demselben Paragraphen S. 38, ⁵ wird von den dreiarmligen Eisengestellen, ehe von dem daran befestigten Zinnstab und der Biegung der Arme die Rede ist, gesagt, sie gleichen *الاحرف الذى يسمى هولا*. Die französische

größeren auf die am Modell angenommenen Punkte, und die Punkte $\nu\omicron\xi$ des kleineren auf die an der Verkleinerung gefundenen Punkte fallen. Jetzt zeichnen wir auf der Platte ab zwei diesen beiden kongruente Dreiecke, wie sie Fig. 10 darstellt. Dann biegen wir die Spitze S des größeren Gestelles nach einem beliebigen Punkte des Modells, setzen das Gestell so auf die Platte ab , daß die Spitzen $\eta\epsilon\xi$ auf die gleich bezeichneten Dreieckspunkte fallen, heben die Platte cd , bis sie die Spitze S trifft und halten sie durch die bei c angebrachte Einrichtung in dieser Lage. Die Spitze S bestimmt so den Punkt m auf cd , und die Lage der beiden Platten den Winkel, den $S\eta\xi$ und $\eta\epsilon\xi$ auf dem Modell mit einander bilden. Durch $n\xi$ parallel zu $m\xi$ wird auf cd der Punkt n bestimmt. Wir bringen nun das kleinere Gestell auf $\nu\omicron\xi$ und biegen die Spitze s , bis sie den Punkt n auf cd trifft. Übertragen wir das Gestell auf die Verkleinerung, so giebt s die Lage des Punktes n auf derselben an, und n entspricht dem Punkt m des Modells, indem $m\eta\epsilon\xi$ und $n\nu\omicron\xi$ zwei einander ähnliche Pyramiden bestimmen. Durch Bestimmung immer weiterer Punkte wird die gestellte Aufgabe gelöst.

Heron scheint sich die Beweglichkeit der Platten so gedacht zu haben, daß der größte Winkel, den die eine mit der anderen bildet, 180° beträgt; darauf dürfte wohl der erste Abschnitt von I, 19 hindeuten. Dort wird nämlich zur Herstellung der Rückseite der Körper angegeben, man solle die drei Punkte auf der Rückseite der Körper annehmen. Das wäre m. E. nicht nötig, wenn die Platten so beweglich wären, daß sie auch Winkel von mehr als 180° mit einander bilden könnten. Dann könnte man mit den Zinnstäben — ihre erforderliche Biegsamkeit vorausgesetzt — auch nach unten zugespitzte Pyramiden bestimmen, wobei es einerlei ist, ob das von der Spitze derselben auf die Grundfläche gefällte Lot innerhalb oder außerhalb des Grunddreiecks fiele. Je nach Beschaffenheit der Körper müßten, wenn wir die

Erleichterung des Verständnisses erlaube ich mir, meine Auffassung hier kurz darzulegen. Die Konstruktion ähnlicher körperlicher Figuren, wie sie der Abschnitt zur Aufgabe stellt, beruht auf folgenden zwei Sätzen. Erstens: Die Lage eines Punktes im Raume gegen eine gegebene Ebene, die nicht durch diesen Punkt geht, ist bestimmt durch die Entfernung des Punktes von zwei in dieser Ebene bekannten Punkten und durch den Winkel, den die durch die drei Punkte bestimmte Ebene mit der gegebenen bildet.

Zweitens: Ähnliche Pyramiden verhalten sich wie die Cuben von zwei homologen Seiten ihrer Grundflächen.

Die Anwendung dieser beiden Sätze auf die gestellte Aufgabe geschieht in dieser Weise: denken wir uns ein Modell, etwa eine Büste, wovon eine Verkleinerung nach einem gegebenen Verhältnis in einem daneben stehenden Marmorblock hergestellt werden soll. Man nimmt nun auf dem Modell drei benachbarte Punkte an, die ein Dreieck und dessen Ebene bestimmen. Denken wir uns ferner das Modell von einem rechtwinkligen Parallelepipedon so umschlossen, daß die äußersten Punkte des Modells in die Wände des Parallelepipedons fallen, so können wir die drei angenommenen Punkte auf die nächstgelegene Wand projizieren, indem wir durch die Punkte Parallelen zu den an die eben genannte Wand anstoßenden Wänden ziehen. Durch Umrechnung der Maße in das neue Verhältnis und Messen der Winkel können wir auf dem Block ein dem projizierten Dreieck ähnliches und ähnlich gelegenes finden. Bohren wir nun von den so gefundenen Dreieckspunkten parallel zu den Wänden des ebenfalls parallelepipedisch gedachten Marmorblockes und unter Berücksichtigung des zu reduzierenden Verhältnisses der am Modell gezogenen Parallelen in den Marmorblock ein, so haben wir auf der Verkleinerung ein dem auf dem Modell zuerst bestimmten Dreieck ähnliches und ähnlich gelegenes gefunden. Wir konstruieren nun die im Texte beschriebenen Eisengestelle so, daß die Punkte $\eta\epsilon\zeta$ des

direction“ etc. Dies letztere dürfte nach Herons Beschreibung zu Anfang von I, 15 nicht möglich sein, da er sagt: „machen wir zwei Scheiben um denselben Mittelpunkt, die darauf festsitzen“. Dies fasse ich so auf, daß die beiden Scheiben nur zusammen gedreht werden können, nicht aber jede für sich. Ferner nehme ich *مهندمة* in Zeile 3 nicht zum Folgenden wie der französische Übersetzer, sondern zum Vorhergehenden *استان* und übersetze: gleichmäfsig gezahnte Scheiben; d. h. die kleinere habe ebensoviel Zähne als die gröfsere, so daß auch die kleinen Zähne den gröfsen proportional sind, wie ich es in der Fig. 8 durch die Linien *abc*, *adi*, *afg* angedeutet habe. Die Merkpunkte *m* und *n* sollten nun streng genommen in den Zahnlücken angesetzt werden; das wäre unbequem. Macht man aber die Lineale *onl* und *rpm* derartig, daß ihre Breiten in demselben Verhältnis stehen, wie die Radien der Scheiben (bis zur Zahnschneide gerechnet), so kann man die Merkpunkte auch auf der äufseren, geraden Seite der Lineale annehmen, wie es die Figur darstellt. Denkt man sich nun das obere Ende der Lineale ganz nahe oberhalb der Punkte *m* und *n*, und verschiebt das Lineal *lno* z. B. um zehn Zähne, so geht das Lineal *pmr* von selbst um zehn Zähne mit, weil die beiden Scheiben fest auf einander sitzen, und die Punkte *m* und *n* bilden, wie immer die Lineale verschoben werden mögen, mit *a* fortwährend eine gerade Linie, wie es Heron Kap. 15 Z. 10ff. verlangt, und es verhält sich immer *am* zu *an* wie der Radius der kleineren Scheibe zu dem der gröfsen. So braucht man mit dem einen Merkpunkt nur die gegebene ebene Figur, zu der man eine ähnliche machen will, nachzufahren, damit der andere von selbst die ähnliche beschreibt. In dieser Weise ist das Instrument das Urbild unseres Storchschnabels, mit dem Unterschiede, daß man es für jedes neue Verhältnis neu anfertigen muß, während der Storchschnabel für mehrere Verhältnisse verstellbar ist.

I, 18 ist infolge der etwas verworrenen Anordnung der Bedingungen ziemlich schwer verständlich. Zur

c*

Fig. 8 bedarf einer kleinen Erläuterung, da mir de Vaux in der ersten Ausgabe S. 58, Note 1, Fig. 9 (im Separatabzug) auch theoretisch nicht ganz das Rich-

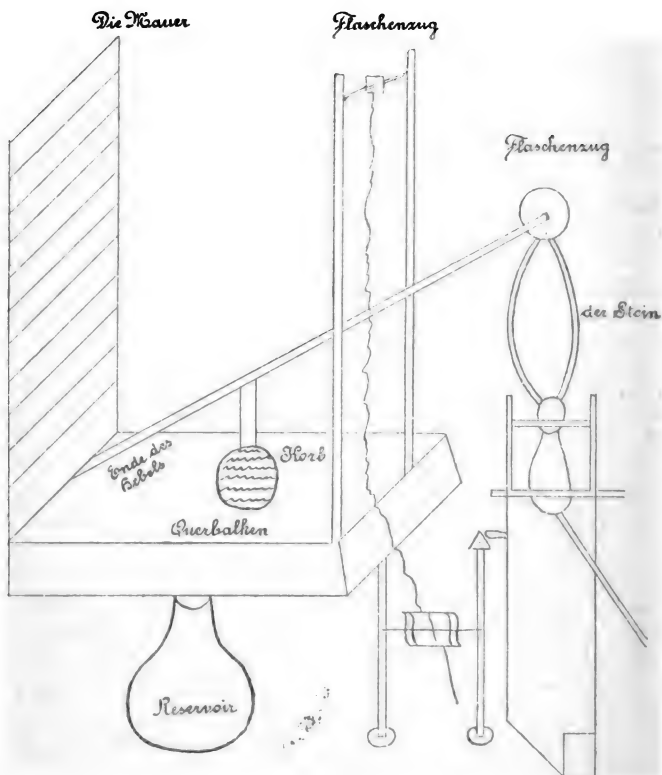


Fig 56a.

tige getroffen zu haben scheint. De Vaux sagt daselbst Z. 10/11 von unten: „La ligne $A'B'$, tangente au cercle OB' , est venue dans la rotation occuper une position parallèle à celle de AB ; je la déplace aussi dans sa propre

ständig isoliert, während es sich im zweiten mit einer Anzahl von Sätzen über die Auffindung des Schwerpunktes gut vereinigen liefse. Einstweilen fehlen aber noch die Mittel, diese Frage zu entscheiden und wir müssen uns mit dem überlieferten Texte begnügen, wie er nun einmal angeordnet ist.

V. DIE FIGUREN.

Was nun die beigegebenen Figuren betrifft, so sind wir Herrn Barbier de Meynard, Präsidenten der Société Asiatique zu Paris, der uns die Clichés der ersten Ausgabe durch Vermittelung des Herrn Baron Carra de Vaux gütigst überliefs, außerordentlich verbunden. Die Grundlagen der Figuren bilden die im Leidener Codex vorhandenen Zeichnungen, die zum größten Teile schon für die erste Ausgabe umgezeichnet wurden, soweit sie nicht einfache geometrische Gebilde darstellen. Zur Veranschaulichung, wie die Figuren in der Handschrift von Leiden gezeichnet sind, habe ich die der ersten Hebelpresse in genauer Nachbildung als Figur 56 a beigegeben. Außerdem verweise ich noch auf Fig. 1, 8, 11 und 12, sowie 14 der ersten Ausgabe, welche die handschriftlichen Zeichnungen zu Fig. 1, 8, 10 und 11 der neuen Ausgabe bieten. Für die Pressen mit einer und zwei Schrauben, die erste Hebelpresse und die Figur zu Kap. 18 des ersten Buches hat mir Baron de Vaux seine Zeichnungen nach dem Londoner Manuskript freundlichst überlassen, das aber auch nichts Besseres bietet als der Leidener Codex. Für die aus Platten zusammengesetzte Galeagra III, 17 habe ich keine besondere Figur beigegeben, da sie durch die bei den Schraubenpressen Fig. 59 u. 60 gezeichneten in hinreichender Klarheit dargestellt sein dürfte.

Über meine Rekonstruktionsversuche möchte ich hier noch einiges bemerken.

Figur 1 ist auf der Grundlage der handschriftlichen Figur nur perspektivisch umgezeichnet, um die Sache besser zu veranschaulichen.

haben. Vorher möchte ich nur noch eine Randbemerkung zum ersten Paragraphen des ersten Buches mitteilen, die sich nur in einer Handschrift, der Leidener, findet und inhaltlich gerechtfertigt ist, da sie sich auf Fig. 1 bezieht. Sie lautet (L am Schlusse von I, 1): حاشية ينبغي أن يخرج محور ذى الى ض ويقام عليه عمود (عمودا) (ms. ض ط مساويا (مساو) ms.) لنصف قطر فلكة ت ت او اكثر \odot Zu deutsch: Man muß die Achse $\eta\delta'$ nach φ' verlängern und darauf eine Senkrechte $\varphi'\theta'$ gleich dem Halbmesser des Rades $\tau\tau'$ oder etwas größer errichten (als Handhabe).

Die erste wirkliche Interpolation ist I, 29. Dieser Abschnitt unterbricht die Darlegung über die Verteilung der Last auf Stützen, ohne in irgend einer Beziehung dazu zu stehen. Der Paragraph klingt ja ganz „mechanisch“, zeigt auch einen Anklang an II, 33, indem S. 80, 2 ff. einen ähnlichen Gedanken ausspricht wie S. 174, 1 ff.; ich wüßte aber keinen passenden Platz für das Kapitel in der Mechanik anzugeben, wenn es nicht etwa mit I, 20—23 eine Gruppe gebildet haben sollte. Ebenso giebt sich II, 21, S. 146, 31—148, 5 als Interpolation zu erkennen; denn dieser Abschnitt spricht von Dingen, die mit dem Vorhergehenden und Folgenden keinen Zusammenhang haben, auch nicht in dem „vorhergehenden Buch“ auf das 148, 5 verwiesen wird, besprochen sind. Es ist mir aber leider auch nicht gelungen ausfindig zu machen, woher diese Eindringlinge gekommen sein mögen.

Eine zweifelhafte Stelle ist noch I, 21, 14—18, indem ganz unklar ist, wo im Vorhergehenden schon von Cylindern und Kugeln geredet worden sein soll.

Schließlich hat sich mir noch die Frage aufgedrängt, ob I, 24 an der rechten Stelle steht und nicht vielleicht mit II, 35 bis Schlufs des zweiten Buches zusammenzustellen wäre. Im ersten Buch steht das Kapitel voll-

struiere, deren Gewinde in ein gegebenes Zahnrad eingreife; er werde es aber auch selbst darlegen, wie es auch später 1108, 30 ff. geschieht. Bei dieser Verweisung auf Heron hat Pappus offenbar unseren Einschub im Sinne. Heron zeigt nun aber hier nicht, wie man eine Schraube konstruiert, die in ein Zahnrad eingreift, sondern das Umgekehrte. Das thut aber auch Pappus 1110. Denn er konstruiert erst die Schraube ohne Rücksicht auf ein gegebenes Zahnrad und bringt dann an einer runden Scheibe Zähne an, die in das zuerst gemachte Schraubengewinde passen. Hieraus ergibt sich aber die Konstruktion einer Schraube zu einem gegebenen Zahnrad von selbst, indem die Höhe des Schraubenganges gleich dem Abstand zweier Zahnsitzen genommen und das Gewinde der Zahnücke entsprechend ausgeschnitten wird. Ein Unterschied zwischen Pappus und Heron besteht nur insofern, als Pappus ein linsenförmiges Gewinde, Heron ein viereckiges annimmt. Pappus schlägt in seinem Verfahren zwei Fliegen mit einer Klappe, indem er auch die Lösung der schwierigeren Aufgabe bietet, ein Zahnrad zu einer gegebenen Schraube zu konstruieren.

Daß dieser Einschub nun in I, 19 nicht an der richtigen Stelle steht, ist aus der Umgebung desselben im Vergleich mit seinem Inhalte klar ersichtlich. Für die Stelle, wo er einzuschalten wäre, giebt m. E. Pappus einen Fingerzeig. Nachdem er die Konstruktion der Schraube und des dazu passenden Zahnrades gegeben hat, schreibt er 1114, 8—21 Kap. 18 des zweiten Buches der Mechanik S. 140, 5—22 wörtlich aus, das sich auch ganz sachgemäß der Konstruktionsaufgabe anschließt. Vermutlich hat Pappus die Anordnung der Kapitel hier aus Heron herübergenommen, so daß der richtige Platz des besprochenen Einschubs mithin zwischen Kap. 17 und 18 des zweiten Buches zu suchen wäre.

Handelte es sich bisher um Umstellungen des Textes, so haben wir jetzt einige Abschnitte anzuführen, die eingeschoben sind, ohne mit dem Text etwas zu thun zu

mehrere ~~der~~ Fragen in II, 34; so möchte auch eine Anlehnung an ihn zu Anfang des Buches nicht ganz unwahrscheinlich sein. Wir dürfen also wenigstens die sachliche Vollständigkeit der Mechanik des Heron als sicher annehmen.

Anders steht es nun mit der formellen Vollständigkeit der Schrift, der Unversehrtheit. Abgesehen von den Auslassungen der Handschriften, die sich, wie bereits erwähnt, durch Vergleichung der verschiedenen Exemplare ergänzen lassen, ist nur eine Lücke nachzuweisen, nämlich im Eingang des 33. Kapitels des ersten Buches. Der erste Herausgeber hat diese Stelle bereits in seiner Übersetzung vervollständigt, und ich habe mich ihm angeschlossen. Ferner sind zwei stark verderbte Stellen in allen Handschriften vorhanden, nämlich I, 15, S. 33, 10—11 und I, 17, S. 37, 11, die ich nach den Resten und nach sachlichen Erwägungen zu emendieren versucht habe. Zahlreiche kleinere Verderbnisse sind aus den Noten zum arabischen Texte leicht zu ersehen. Über eines dieser Verderbnisse bin ich nicht ganz ins Reine mit mir gekommen, nämlich 225, 2. Dort schlägt de Vaux für die offenbar unverständlichen Lesungen der Handschriften die im Text stehende Konjekture vor. Diese verstehe ich aber, offen gestanden, ebenso wenig wie die Lesungen der Handschriften. Vielleicht ist dafür *الاطراف* zu lesen. Sodann wären hier die Umstellungen des Leidener Codex und desjenigen von Konstantinopel im ersten Buch zu erwähnen, auf die oben S. XX schon hingewiesen ist.

Ferner gehört hierher ein Einschub im Paragraphen 19 des ersten Buches, S. 48, 4—54, 9 dieser Ausgabe. Dieses Stück fehlt in der ersten Ausgabe, weil es in der Leidener Handschrift nicht steht, obgleich dieselbe zwei von den dazugehörigen Figuren (Fig. 13 der ersten Ausgabe) beim Kap. 19 bietet. Für die Echtheit dieses Stückes spricht Pappus 1068, 1—3. Dort sagt Pappus, Heron habe in seiner Mechanik gezeigt, wie man eine Schraube kon-

dafs nämlich das Vorhergegangene für die ersten Darlegungen einer Einführung in die Mechanik genüge. Dafs nun aber das erste Kapitel des ersten Buches nicht den Anfang des ganzen Werkes gebildet hat, geht klar aus seinem Inhalt hervor, der viel mehr voraussetzt als im ersten Buche behandelt wird. Ich habe schon oben S. XV Zweifel an der Echtheit dieses Kapitels geäußert. Sicher dürfen wir nun behaupten, dafs es nicht an der richtigen Stelle steht, sondern dafs der zweite Paragraph das Buch, wenigstens sachlich, beginnt. Vor Beginn des zweiten Kapitels hat die Leidener Handschrift folgende Bemerkung: „Hier ist im Griechischen eine Lücke“. Weiter, offenbar als Glosse zu dieser Note: „Dies wurde geschrieben in der Vermutung, dafs es sich so verhält“. Statt dieser Bemerkungen hat K.: „Diese Handschrift ist frei von der Lücke, die sich in anderen findet“. Was hat nun hier noch im Griechischen gestanden? Oben S. XIII ist schon darauf hingewiesen, dafs der griechische Text des ersten Kapitels nur in seinen vier ersten Alinea mit dem Arabischen zusammengeht. Bezieht sich nun die Bemerkung über eine Lücke auf den Rest des griechischen Textes, der in der Vorlage des Übersetzers fehlte, von diesem aber wenigstens sachgemäfs selbständig ergänzt wurde? Dann hätte er aber wohl nicht von einer Lücke geredet, vielleicht eher gesagt, er habe die Lücke des Griechischen ausgefüllt. Andererseits ist der Umfang des ersten Buches innerlich und äufserlich ein solcher, dafs wir kaum anzunehmen brauchen, es sei sachlich etwas ausgefallen. Wenn also etwas fehlt, so dürfte es vielleicht eine Widmung oder allgemeine Einleitung gewesen sein, wie sie Hultsch in den *Commentationes philologiae in h. Th. Mommsen* Berlin 1877, S. 120 aus Pappus zu rekonstruieren versuchte. Dafs nichts zur Materie des Buches Gehöriges fehlt, möchte ich auch daraus schliessen, dafs die Entwicklung des Gegenstandes ganz ähnlich beginnt wie in der Mechanik des Aristoteles, nämlich mit der Bewegung der Kreise oder Räder. Entlehnungen aus Aristoteles sind

δὲ ἡ ἐπίτασις fehlt im Arabischen. Z. 24 *τουτέστιν δι' ἐλάσσονος πληγῆς* fehlt im Ar.

1122, 26—1128, 2 = Mech. II, 5, S. 104 ff. 1124, 2 καὶ στροφῆς fehlt im Ar. Z. 24 ff. im Arabischen weit-schweifiger.

1128, 3—1130, 3 = Mech. II, 6, S. 108—112.

1130, 4—7 = Mech. II, 7, S. 112, 8—11.

1130, 7 bezieht sich auf Mech. II, 7 ff.

1130, 11—1134, 11 = Mech. III, 2, S. 202. 1132, 14 ἐκ πλειόνων συμβλητόν γίνεται fehlt im Ar. 1132, 19—21 ὅπως bis ὅπλων fehlt im Ar.

IV. VOLLSTÄNDIGKEIT DER MECHANIK. INTERPOLATIONEN.

Wenden wir uns nun zur Frage nach der Vollständigkeit der Mechanik. Hierfür haben wir nicht so gute Zeugnisse wie für die Echtheit und sind mehr auf innere Kriterien angewiesen. Um zunächst das Sichere zu erwähnen, so ist die uns im arabischen Texte überlieferte Einteilung der Mechanik in drei Bücher durch Pappus 1130, 8 (allerdings nur für das Minimum von drei) bezeugt. Die daselbst als aus dem dritten Buch des Heron entnommen bezeichneten Stellen bilden in diesem das Ende des ersten Kapitels und das zweite vollständig. Der Inhalt des zweiten und dritten Buches wird am Anfang des ersten Kapitels des dritten Buches kurz angegeben und stimmt dazu vollkommen. Dafs nicht etwa noch ein viertes und weiteres Buch vorhanden war, dürfte sich aus der Erwägung ergeben, dafs der Gegenstand der praktischen Mechanik, als welche Herons Buch offenbar gedacht ist, mit der Darstellung der Pressen und der Konstruktion der Schraubenmutter erschöpft ist, so dafs kein Bedürfnis für Weiteres vorhanden war.

Das erste Buch mit seiner reichen Mannigfaltigkeit an behandelten Gegenständen dürfte wohl den Satz Herons rechtfertigen, den er am Ende des ersten Buches schreibt,

- 1068, 4 (unten 264, 28) verweist auf Mech. I, 19, S. 48, 4 ff. und auf Pappus 1108, 30 ff. vergl. unten S. XXXI.
- 1068, 19—23 (unten 266, 27) bezieht sich auf Mech. I, 6, S. 14, 26—28 und II, 7.
- 1108, 30—1114, 3 behandelt dieselbe Aufgabe wie Mech. I, 19, S. 48, 4 ff.
- 1114, 8—21 = Mech. II, 18, S. 140, 8—22. Das „absurdum interpretamentum“ 1114, 12 wird durch das Arabische klar, da wahrscheinlich im Griechischen vorher ausgefallen ist: „Der Zahn γε greife vollständig in eine Windung ein“, wodurch natürlich „die übrigen . . . nicht eingreifen“. Die arabische Übersetzung von 1114, 16—17 könnte als Tautologie aufgefaßt werden; doch weist das Griechische darauf hin, daß sie richtig ist. Nur ist zu beachten, daß das Arabische die Partizipialkonstruktionen nicht nachahmen kann, sondern dieselben in der Regel durch selbständige Sätze auflösen muß.
- 1116, 7—10 incl. ἐκθέσθαι und von 11 αὖ προειρημέναι bis 15 (ohne Zeile 14 πρὸς τούτοις ὁ καλούμενος ἄπειρος), dann von 16—32 = Mech. II, 1, S. 94, 5—25. Nachher fehlt im Griechischen von „Wenn wir dies gethan“ bis 96, 7.
- 1118, 1—13 = Mech. II, 1, S. 96, 8—98, 6.
- 1118, 14—27 = Mech. II, 2, S. 98. 1118, 20—21 hat der Araber weitläufiger; Z. 22 ist mißverstanden, indem in seiner Vorlage πάνυ εὐκόπου vielleicht fehlte.
- 1118, 28—1122, 5 = Mech. II, 3, S. 98 ff. 1118, 18 nach der Klammer kleiner Zusatz im Arabischen; Z. 18, 19 von ἵνα bis ἐξάπτωμεν fehlt im Arabischen; 1122, 1 δυσπειθῇ umschrieben durch den Satz: weil etc.
- 1122, 6—25 = Mech. II, 4, S. 102. S. 102, 22 liefse sich besser mit Pappus 1122, 9 in Einklang bringen, wenn man übersetzt: „um das, was herrlich ist von Zimmermannsarbeiten etc.“, je nachdem man ein Wort des Textes anders liest. 1122, 15 nach διὰ scheint der Araber einen anderen Text gehabt zu haben oder im Griechischen etwas ausgefallen zu sein. Z. 18 κατεργά

gab es eben keinen besseren Platz, als in dem Buche, dem es sein Entstehen verdankte.

Unter einem dritten, von den beiden eben besprochenen verschiedenen, Titel zitiert Eutokius die Mechanik des Heron, nämlich *μηχανικαὶ εἰσαγωγαί* in Archimedes ed. Heiberg vol. III, S. 71. Dort ist von der Konstruktion zweier mittlerer Proportionalen die Rede und wird die Lösung des Heron nach Mech. I, 11 und nach den Belopoiika angegeben. Der genannte Titel dürfte auch eine freiere Bezeichnung sein, wozu Eutokius durch Heron selbst veranlaßt sein wird, der am Ende des ersten Buches S. 92, 11: sagt „Dies mag für die ersten Darlegungen einer Einleitung in die Mechanik genügen.“

Das Folgende bietet nun eine kurze Übersicht über die eingangs dieses Kapitels erwähnten Excerpte des Pappus aus der Mechanik und der von ihm nur dem Inhalt nach angezogenen Stellen.

Pappus ed. Hultsch S. 56, 1, 11, 17, weist auf Mech. I, 10 und 11, S. 23, 24. 62, 14—64, 18 und Eutokius in Archimedes ed. Heiberg vol. III, p. 71 = Mech. I, 11, S. 24.

Während Eutokius geringe Veränderungen gegen den arabischen Text aufweist, stimmt Pappus bis auf Einzelnes genau damit überein. Es fehlen im Griechischen die Worte S. 24, 11 „Verbunden“ bis „und“; S. 26, 1—3 „während $\alpha\beta$ die erste etc. bis $\beta\gamma$ die vierte Proportionale ist.“ Diese Worte finden sich an der entsprechenden Stelle der Belopoiika, vgl. Archim. III, 71, Note Z. 6 v. u. S. 24, 6 fehlt *γεγονένω* im Arabischen.

1030, 18—1032, 33 giebt im Wesentlichen dasselbe wie Mech. I, 24, S. 66, 16—70, 3.

1034, 4 verweist auf Mech. I, 24, S. 62. 1034, 14 ff. grofsenteils wörtlich = II, 35 S. 188, 20 ff. S. unten S. 292, 4.

1054, 4—1056, 29 scheint durch Mech. I, 23 veranlaßt zu sein.

1060, 4 weist auf I, 1. Vgl. unten S. 256, 9.

1064, 8 hat Mech. II, 7 ff. im Sinne. S. unten S. 260, 20.

Außerdem: was sollte der Inhalt des Barulkus gewesen sein? Der Name und das Fragment am Ende der Dioptrik und Mech. I, 1 weisen scharf darauf hin, daß er von den Maschinen zum Heben der Lasten gehandelt hat. All diese Maschinen hat aber Heron im zweiten und dritten Buche der Mechanik ausführlich besprochen, und es ist doch nicht anzunehmen, daß er zwei Schriften mit annähernd gleichem Inhalt über denselben Gegenstand verfaßt habe. Meiner Ansicht nach stammt das Fragment überhaupt nicht von Heron, sondern ist eine Übung, die ein Leser von II, 21 verfaßt hatte. Den Anlaß dazu nahm er aus Herons Worten II, 21 S. 152, 6, 7: „Wenn wir bei diesem Vorgehen noch mehrere Räder und Achsen benutzen wollen, so müssen wir dasselbe Verhältnis anwenden.“ „Mehrere Räder“, nämlich mehr als die drei, die Heron anwandte, „dasselbe Verhältnis“ nämlich 5:1, wie bei den zwei ersten. Heron verläßt nämlich beim dritten Rade das Verhältnis von 5:1 und nimmt ein neues, 8:1, an. Bei diesem Verfahren braucht er nur drei Räder. Sollen mehr Räder gebraucht werden, so kann man beim dritten Rade nochmals das Verhältnis 5:1 anwenden, und hat dann für das letzte Rad das Verhältnis 2:1, wie der Araber in I, 1 oder von 8:5, wie das griechische Fragment. Pappus hat von vornherein das Verhältnis 2:1 angewandt und braucht noch eine Achse mehr. Der Verfasser des Fragments hat auch Herons Vorschrift II, 21 S. 152, 20—24, betreffend die festen Stützen für den ganzen Apparat, gut befolgt durch die Herrichtung des Glossokomon. Diese mehrfache Anwendung von Achsen und Zahnrädern ist eben der Zweck der Übung, sowohl in dem Fragment der Dioptrik als auch bei Pappus. Heron braucht also nicht der Urheber dieses Fragments zu sein, wenn er auch der war, der den Anlaß dazu gab. Daß es unter die heronischen Schriften geriet und auch zur Ehre kam die Mechanik zu eröffnen, vielleicht für einen ausgefallenen anderen Eingang, läßt sich leicht begreifen. Denn für ein solches Übungsstück

nämlich in wörtlicher Übersetzung: „Buch des Heron über das Heben schwerer Gegenstände“. Das entspricht so gut wie nur immer möglich — das Arabische kennt keine Zusammensetzungen wie das Griechische — dem griechischen Barulkus, während „Mechanik“ entweder mit dem griechischen Ausdruck, als Lehnwort (wie einmal bei Ja'kûbî ZDMG XLII S. 2), oder durch „die Kunst der Maschinen“ wie Mech. I, 34 S. 93, 7, 8 wiedergegeben würde. Wie kommt nun der arabische Übersetzer dazu den Titel Barulkus über die „Mechanika“ zu setzen? In Wirklichkeit wird wohl Barulkus der richtige von Heron seinem Buch über Mechanik gegebene Titel sein, und Mechanika ein von Pappus gebrauchter, den Inhalt des Buches allgemein charakterisierender Ersatz dafür sein. Ähnlich nennt Pappus Bücher andrer Gelehrten mit verschiedenen Namen, z. B. den Almagest des Ptolemäus S. 1107, u. vgl. Pappus III, S. XIV; ein Werk des Archimedes S. 312, 20; 313, n. 1; 314, 2; des Eratosthenes S. 636, 24 und 672, 5. 6. Den richtigen Titel Barulkus wendet er einmal in dem Abschnitt 1060 an, weil es sich hier wirklich um das Heben einer Last handelt. Dabei mag ihm der Titel Barulkus ganz natürlicherweise ins Gedächtnis oder vor Augen gekommen sein. Wenn meine Meinung richtig sein sollte, würde ich kein Bedenken tragen, wenigstens die Worte 1060, 6 *λήμμα—ἀπέδειξεν*, wenn nicht bis Z. 10 *δύναμιν*, für eine Interpolation zu halten, die wohl demselben Schreiber zur Last fiel, der auch (nach Hultsch) die Excerpte aus Heron 1114, 22 ff. eingefügt hat. Dafs derselbe Schreiber es nicht allzugenau mit Titeln nahm, zeigt auch der Eingang seiner Auszüge. Er beginnt: *Τοσαῦτα μὲν οὖν περὶ τοῦ βαρουλκοῦ*, während unmittelbar vorher, 1114, 5, Herons Mechanik erwähnt, und 1114, 8—21 das 18. Kapitel des zweiten Buches der Mechanik wörtlich ausgeschrieben ist, der Barulkus aber mehr als 25 Seiten vorher genannt wird. Der etwas ungewöhnliche Titel Barulkus mag ihn bestochen haben, denselben in einen gewissen Gegensatz gegen die Mechanika zu setzen.

Herausgeber des ersten Bandes beigegebenen Fragmenten, die sich an verschiedenen Stellen bei Pappus finden und daselbst ausdrücklich als aus Heron herübergenommen bezeichnet werden. Alle Stellen Herons, auf die Pappus anspielt oder die er wörtlich anführt, finden sich in unsrem arabischen Texte. Allerdings zitiert Pappus den Heron unter zwei verschiedenen Titeln, *βαρουλκός* und *μηχανικά*, die an einer Stelle (1060, 6) beide zusammen in demselben Satze genannt werden. Schliessen wir hieraus, dafs Barulkus und Mechanika zwei verschiedene Schriften des Heron sind, so erhebt sich die Frage, welche von beiden unser Text darstellt. Alle von Pappus angezogenen und ausgeschriebenen Stellen Herons sind aus den Mechanika entnommen, bis auf die eine, Seite 1060, bei der er ausdrücklich auf den Barulkus verweist. Die zuerstgenannten Auszüge lassen sich nun alle in unserem arabischen Texte nachweisen. Folglich ist unser Text die Mechanika betitelte Schrift. Dafs nun Pappus bei dem S. 1060 stehenden Absatz nicht Mech. II, 21 im Sinne hatte, sondern den Eingang des ersten Buches, erhellt deutlich aus dem von ihm dorthier genommenen Ausdruck *γλωσσόκομον* 1062, 3, aus den Worten 1060, 11 *διὰ τυμπάνων ὀδοντωτῶν παραθέσεως [ἐκίνει] τὸ δοθὲν βάρος τῇ δοθείσῃ δυνάμει*, denen die arabische Übersetzung S. 2, 11 und 2, 5 genau entspricht, sowie einer Anzahl anderer Übereinstimmungen. Also ist dieses erste Kapitel des ersten Buches der einzig erhaltene Rest des Barulkus. Zufällig ist nun der griechische Wortlaut dieses Barulkusfragmentes am Ende der Dioptrik des Heron erhalten; er stimmt aber nur in seinen vier ersten Alinea, in der Ausgabe von Vincent, mit dem arabischen Text von Mech. I, 1, S. 2 bis 6, 3, abgesehen von Kleinigkeiten, gut überein, während er im Folgenden stark davon abweicht, sich aber, mutatis mutandis, häufig wörtlich mit Pappus 1066, 16 ff deckt.

Gegen unsere Folgerung erhebt sich aber ein Widerspruch. Der arabische Titel unseres Textes, der zu Anfang und Ende eines jeden Buches wiederkehrt, lautet

Handschriften wird dies auch als sicher bestätigt, was auch Herr Baron C. de Vaux in einem Briefe an mich anerkennt. In der Note zu S. 73 der Einleitung zur Separatausgabe versuchte er allerdings noch die Lesung Praxidamas zu verteidigen oder Posidonius zu einem Maler machen zu wollen, allein mit wenig Glück. Denn der arabische Relativsatz nach dem Namen „scheint“ nicht nur das griechische ἀπὸ τῆς στοᾶς wiederzugeben, sondern entspricht ihm durchaus, indem die wörtliche Übersetzung davon lautet: „der zu den Genossen der Stoa gehört.“ Die andere l. c. angeführte Lesung: „qui était peintre“ ergiebt sich durchaus nicht so einfach aus dem Arabischen. Wenn das „Stoa“ entsprechende Wort durch Zusetzung andrer Lesezeichen, die in den Handschriften häufig ausfallen, zu „peintre“ wird, so bedeuten die vorhergehenden Worte doch noch nicht „qui était“, sondern das Ganze hiesse: „der zu den Genossen des Malers gehört“. Dann müßte man erst einen Griechen kennen, der schlechthin der Maler genannt wurde und von solcher Bedeutung war, daß man seine Schüler mit dem Epitheton „Genossen des Malers“, etwa οἱ περὶ τὸν ζωγράφον, bezeichnete. Die letztere Konjektur de Vaux's liegt also sehr im Argen, während die Schwierigkeiten bei der Lesung: „Posidonius, ein Stoiker“ verschwinden. Statt Posidonius oder Praxidamas an Archimedes zu denken, wie es kürzlich in Berl. phil. Wochenschrift 1899 S. 1540 unt. vorgeschlagen wurde, verbieten die arabischen Schriftzüge des Namens, aus denen schon „Praxidamas“ nur mit Gewalt herausgelesen werden kann. Lassen wir also dem Stoiker Posidonius seinen Platz in der Mechanik des Heron.

III. DIE ECHTHEIT DER MECHANIK.

Daß das uns vorliegende, von Kosta ben Luka aus dem Griechischen ins Arabische übersetzte und unter Herons Namen überlieferte Buch echt ist, erhellt aus den unten angeführten und im Anhang im griechischen Text von dem

stöße untergelaufen, so daß er gute Lesarten der Handschrift in die Noten verwies: So z. B. S. 23 der Separat- ausgabe Note 4, S. 66 Note 1 und 2, S. 93 Note 2, S. 107 Note 1 und And. Überhaupt gilt seine kritische Arbeit weniger dem technischen Inhalt, der ihm als Ingenieur vielleicht näher gelegen hätte, als der sprachlichen Seite des Textes, wobei er jedoch z. B. in der Punctuation nicht immer ganz glücklich war. Das will aber nicht viel sagen, denn der französische Herausgeber ist offenbar in der modernen Sprache bewanderter als in der älteren. Daß er aus technischen Erwägungen nichts an seinem Texte geändert hat, könnte man ihm mit Rücksicht auf die erste Ausgabe nach einer einzigen Handschrift zu gute halten. Leider bietet aber auch seine Übersetzung bei einigen schwierigen Fragen, z. B. — um nur eine herauszugreifen — bei der Herstellung der Schraubenmutter (III, 21), durchaus kein Anzeichen, daß er sich über das Technische in diesem Paragraphen klar geworden wäre. Doch sollen diese kleinen Ausstellungen das Verdienst de Vaux's nicht schmälern, sich zuerst diesem schwierigen Gegenstand zugewandt und die im Original längst verloren gegangene Schrift ans Licht gezogen und zugänglich gemacht zu haben.

Im Anschluß hieran möchte ich noch einen Fall aus der ersten Ausgabe erwähnen, der zeigt, wie man durch harmlose Lesefehler verführt werden kann, das naheliegende Richtige zu übersehen und Mißverständnisse hervorzurufen. In Mech. I, 24 kommt ein Name vor, der in der Leidener Handschrift Bōsidōmōs geschrieben steht (nur die ō sind plene geschrieben). Obschon der erste Herausgeber im arabischen Text dies richtig in Posidonius aufgelöst hat, da es ein häufiger Schreibfehler in arabischen Handschriften ist, n + j in m zusammenzuziehen, ebenso wie häufig umgekehrt m in n (b etc.) + j auseinandergezogen wird, hat er doch in der Übersetzung Praxidamas daraus gemacht, das Clermont-Ganneau erst wieder in das richtige Posidonius zurückkonjizierte. Durch die drei übrigen

Da die Manuskripte m. E. auf einen Archetypus hinweisen, so liegt uns natürlich auch nur eine Rezension der Mechanik vor, die in den Handschriften dem Kosta ben Luka aus Baalbek zugeschrieben wird, während die oben besprochenen arabischen Quellenwerke keinen Übersetzer der Mechanik nennen. In dem arabischen Titel und der Überschrift des ersten Buches wird gesagt, Kosta (K hat in der Überschrift Kostantin) ben Luka habe die Übersetzung ins Arabische auf Befehl des Chalifen Abul Abbâs Ahmed ibn al-Mu'tasim al-Musta'in (862—866) nach dem Griechischen angefertigt. In der Anordnung der einzelnen Bücher und Paragraphen herrscht völlige Übereinstimmung unter den Manuskripten. Der Leidener Codex, und in Übereinstimmung damit auch der von Konstantinopel, hat im ersten Buche einige Partien umgestellt; dieselben sind in der ersten Ausgabe in den Noten zum Text angegeben und an die richtige Stelle gesetzt, wie es durch die Cairenser und Londoner Handschrift schön bestätigt wird.

Die bereits erwähnte erste Ausgabe der arabischen Mechanik hatte zur Grundlage einzig und allein die Leidener Handschrift. Ist es schon im Allgemeinen schwierig nach nur einer Handschrift, die dabei nicht einmal gut, außerdem sehr sparsam punktiert ist, einen Text zu edieren, so vermehren sich die Schwierigkeiten noch ganz bedeutend, wo es sich um Gegenstände der Technik handelt, wie hier. In diesem Falle muß man sich aus dem Text einige Anhaltspunkte suchen, um sich über das Technische klar zu werden und dann durch vorsichtiges Tasten und Prüfen sehen, wie der Autor seinen Gegenstand sprachlich darzustellen sucht. Dabei muß man gelegentlich mehr zwischen den Zeilen lesen, als in denselben geschrieben steht. Obschon sich nun der französische Herausgeber bemühte, seinen Text auch kritisch zu betrachten, und es ihm gelungen ist, eine ganze Anzahl kleinerer Versehen des Abschreibers zu verbessern, sind ihm doch einige Ver-

der Kollation des Codex der Aja Sofia verhindert war, trat Salih Zéky Bey, Direktor des Observatoriums zu Pera, für ihn ein, wofür wir diesem Herrn sehr zu Dank verpflichtet sind. Von dem Cairensen Manuskript liefs die Verwaltung der Kgl. Bibliothek zu Berlin in liberalster und dankenswertester Weise eine Abschrift anfertigen, jetzt Berl. Ms. Orient. qu. 840, die ich neben der Leidener Handschrift auf der Bonner Universitätsbibliothek benutzen konnte.

Der Wert der einzelnen der vier genannten und für die vorliegende Ausgabe benutzten Handschriften ist ein ziemlich gleicher. Durchaus vollständig ist keine einzige; alle haben gröfsere oder kleinere Auslassungen aufzuweisen, die sich aber glücklicherweise fast alle durch eine oder mehrere der übrigen Handschriften ergänzen lassen, so dafs doch ein vollständiger Text gewonnen werden konnte. B ist ausserdem am Anfange unvollständig und beginnt erst mit I, 4 S. 11 d. B. Am meisten hat der Text von K durch Auslassungen gelitten, doch sind dieselben nicht überall angemerkt, da mir nur die obengenannte Abschrift desselben zur Verfügung stand und ich nicht entscheiden konnte, ob die Lücken nur dem Schreiber des jetzigen Berliner Exemplars oder dem Cod. Cairensis zur Last fallen. Die vier Handschriften scheinen auf eine gemeinsame Vorlage zurückzugehen, wie ich aus der häufigen Gemeinsamkeit von Verderbnissen, z. B. im Kap. 15 des ersten Buches, schliessen zu dürfen glaube, und von einander unabhängig zu sein, wodurch es kommen mag, dafs mehrfach nur ein Codex das Richtige hat, während die anderen alle verschrieben sind oder eine Lücke aufweisen.

Aus den mir von Baron de Vaux gütigst überlassenen Kollationen von B und C, sowie aus meinen eigenen von L und K habe ich versucht einen lesbaren Text zusammenzustellen, war aber, trotz des ziemlich reichen Materials häufig genug auf Konjekturen angewiesen, zu deren Rechtfertigung ich nur auf die textkritischen Noten und meine Übersetzung verweisen möchte.

b*

angegebene Ausgabe Carra de Vaux's enthält gar nichts von pneumatischen Maschinen, wohl aber das unter Nr. 3 genannte Buch, den Barulkus, der höchstwahrscheinlich mit der Mechanik identisch ist. de Vaux's Ausgabe erschien im Journal Asiatique 1893, im Separatabzug 1894, nach dem unter Nr. 3 bei Steinschneider genannten Cod. Leid. Steinschneiders Bemerkung l. c. S. 347 Nr. 4 „(im Journ. As. 1894 Mai S. 146 sind nur Stellen mitgeteilt)“ beruht auf einem Irrtum, da in dem genannten Heft überhaupt nichts von Heron steht. Die so berichtigten Notizen über de Vaux' Ausgabe gehören also zu Nr. 3, vgl. Heron Bd. I, Suppl. S. 43. Nr. 3.

Unter Nr. 5 hat Steinschneider einen Übersetzungsfehler gemacht, indem er das arabische *min dātihā* (nicht *dātihī*) mit „ihrem Wesen nach“ wieder gab, statt mit „von selbst“. Vgl. Heron Bd. I, Suppl. S. 56 letztes Alinea. Es wird also die Schrift *περὶ αὐτοματοποιητικῆς*, die Automaten, gemeint sein.

II. DIE ARABISCHEN HANDSCHRIFTEN UND DIE ERSTE AUSGABE DER MECHANIK.

Die Mechanik ist bis auf einige kurze Auszüge im griechischen Original verloren gegangen. Sie ist uns aber in arabischer Übersetzung in vier Handschriften erhalten, nämlich in:

1. Cod. Leidensis DCCCCLXXXIII Cod 51 (i) Gol.; in den Noten mit L bezeichnet.
2. Cod. Mus. Brit. Add. 23,394 im Katalog S. 619^b; bezeichnet mit B.
3. Cod. Constantinop. der Aja Sofia. Katalog S. 165 Nr. 2755; bezeichnet mit C.
4. Cod. Cairensis. Katalog der Bibliothek des Khedive V, S. 199; bezeichnet mit K.

Baron Carra de Vaux hatte die Güte, die Kollation der Manuskripte von Konstantinopel und London an Ort und Stelle zu übernehmen. Als er an der Vollendung

Über die unter 2. und 3. genannten arabischen Werke und ihre Verfasser konnte ich nichts Genaueres ermitteln.

Die Quellen bieten uns also im Ganzen sechs Titel von Schriften Herons; davon entfallen auf die älteste allein fünf, auf die mittlere zwei und auf die jüngste drei, von denen einer, allerdings ein zweifelhafter, bei den anderen nicht genannt wird. Für die Wahrscheinlichkeit, daß das von Hadji Khalfa zuletzt erwähnte Buch der Kriegswerkzeuge wirklich einem Heron zuzuschreiben ist, spricht besonders der Umstand, daß unter dem Namen Herons ein Buch *βελοποιικά* und ein anderes *πολιορκητικά* genannt wird; dann auch daß der Name Hârûn ohne jeden Beisatz steht, was sicher darauf hindeutet, daß es ein fremder, nicht der arabische Name Hârûn ist, der so ohne weiteres Unterscheidungsmerkmal Anlaß zu Verwechslungen gäbe. Welcher von den beiden bei Steinschneider l. c. S. 347 Nr. 6 genannten Heron hier gemeint ist, kann ich nicht entscheiden, da der Name und Titel allein dazu keine Handhabe bieten. Die von der sonst üblichen Transskription (Îron oder 'Îran, der zweite Vokal ist nicht geschrieben) abweichende Hârûn wäre an sich kein Hindernis, die beiden Namen zu identifizieren.

Ob nun auch alle die genannten Schriften arabisch vorhanden waren, läßt sich nach den spärlichen Angaben der Quellenwerke nicht sagen. Bruchstücke des Buches „Lösung der Zweifel in Euklid“ mögen die in dem von Besthorn und Heiberg herausgegebenen Codex Leidensis 3991, Hauniae 1893, 1897 sich findenden Sätze Herons (vergl. ZDMG l. c. u. Heron Bd. I, Suppl. S. 68 Anm. 3) wohl bieten. Von dem Buche selbst sind keine Handschriften bekannt, und die Quellen nennen keine Übersetzer desselben. Sicher übersetzt, weil noch vorhanden, ist nur eine der genannten sechs Schriften, nämlich die über das Ziehen oder Heben der Lasten. Steinschneider hat a. a. O. S. 347 Nr. 4 die „pneumatischen Maschinen“ mit der Mechanik identifiziert, was schon der arabische Titel verbietet, und sich als durchaus irrig herausstellt. Denn die von Steinschneider

Aufser diesen vier Büchern kennt der Fihrist noch ein weiteres, nämlich

5. Das Buch über die Dinge, die sich von selbst bewegen, von Heron. I, S. 285.

Die nächste Quelle ist das Gelehrten-Lexikon des Wesirs Gemâl ed-Dîn al-Kiftî, der von 1172—1248 lebte. Er benutzte den Fihrist sehr stark und nennt Heron an zwei Stellen; einmal bei Euklids Elementen, indem er sagt, er habe die Zweifel des Buches gelöst, vgl. Casiri I, 341; das andre Mal in einem kleinen Spezialartikel, wo er sagt (H. Kh. VII, 611): Der Grieche Heron aus Alexandrien in Ägypten ist ein Gelehrter in den Wissenschaften der Leute seiner Zeit. Er verfaßte Bücher, lehrte und gab Aufklärung über die Geheimnisse dieser Kunst. Zu seinen Schriften gehört das Buch der Lösung der Zweifel im Buche Euklids und das Buch der pneumatischen Maschinen.

Die dritte allerdings ganz späte Quelle ist das „Lexicon bibliographicum“ des Hadji Khalfa (starb 1658) ed. Flügel. Es erwähnt Heron an drei Stellen:

1. I, 383 bei Euklids Elementen mit den Worten: Heron verfaßte die Lösung der Zweifel darin.
2. II, 589. Wissenschaft des Ziehens der Lasten. Das ist die Wissenschaft, in welcher darnach geforscht wird, wie man Werkzeuge anwendet, um schwere Gegenstände durch eine geringe Kraft zu ziehen. Ihr Nutzen ist offenbar; Heron hat in seinem Buche über diese Wissenschaft den Beweis geliefert für das Heben von 100 000 Pfund durch eine Kraft von 500 Pfund. Sie ist ein Zweig der Mathematik. Der Imâm hat am Ende des „Vereinigers der Wissenschaften“ Beweise für einige Fragen derselben gegeben, während der Verfasser des „Schlüssels der Seligkeit“ (Tašköprizadeh) kein Buch über diesen Wissenszweig erwähnt.
3. V, 48. Buch der Kriegswerkzeuge von Hârûn (Heron?), welches Takîj ed-Dîn in dem „Lotosbaum der Grenze“ anführt.

EINLEITUNG.

I. DIE NACHRICHTEN DER ARABER ÜBER HERON.

Über das Zeitalter des Heron finden sich in den arabischen Quellen weder in den Bio- und Bibliographen, noch in den Handschriften der Mechanik, irgend welche Angaben. Die Gründe, die aus der Mechanik zu einer Beurteilung oder Entscheidung dieser „heronischen“ Frage angezogen werden können, sind in dem ersten Kapitel der Vorrede des ersten Bandes dieser Gesamtausgabe der Werke des Heron von berufener Seite besprochen, so daß wir hier über diesen streitigen Punkt hinweggehen können, um das, was die Araber von Herons Schriften kannten, kurz anzuführen. Dies dürfte auch nach dem Erscheinen der Arbeiten Steinschneiders über die arabischen Übersetzungen aus dem Griechischen, worin Heron der Paragraph 132 in der „Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft“ Bd. L, S. 346 gewidmet ist, nicht überflüssig erscheinen, da sich in dem erwähnten Abschnitte einige Mißverständnisse und Ungenauigkeiten finden.

Zuerst wird Heron erwähnt in dem, im Jahre 987 n. Chr. verfaßten Fihrist (Katalog) des Muhammed ibn Ishâk an-Nadîm vol. I, S. 269. Die Stelle lautet wörtlich: Heron (arabisch 'Îran oder 'Îron). An Büchern hat er verfaßt:

1. Das Buch der Lösung der Zweifel bei Euklid.
2. Das Buch des Verfahrens mit dem Astrolab.
3. Das Buch des Hebens der Lasten.
4. Das Buch der pneumatischen Maschinen.

Auf die erste Schrift wird auch Fihrist I, S. 265 unter Euklid bei den „Elementen“ hingewiesen mit den Worten: Die Zweifel darin löste Heron.

HERONS VON ALEXANDRIA MECHANIK

IN DER ARABISCHEN ÜBERSETZUNG DES
KOSTA BEN LUKA

MIT DEUTSCHER ÜBERTRAGUNG HERAUSGEGEBEN VON
LUDWIG NIX.

G. AUS CATOS LANDBAU.

	Seite
1. Inventar für eine Kelter mit 5 Pressen	391
2. Catos Olivenpresse	391

H. AUS PSEUDO-EUKLIDS KATOPTRIK.

1. Kap. 4: Zu Herons 7. Satze	395
2. Kap. 5. 24 und 25: Zu Herons 8. und 9. Satze. . . .	397
Nachträge zu Bd. I	400
Nachträge und Verbesserungen zur Mechanik	402
Nachträge und Berichtigungen zur Katoptrik	405

	Seite
IX. 9. Satz: Reflexion bei Hohlspiegeln, wenn das Auge im Krümmungsmittelpunkte steht. . . .	335
X. 10. Satz: Reflexion bei Hohlspiegeln (Konvergenz der Strahlen), wenn das Auge auf die Peripherie gesetzt wird	335
XI. 1. und 2. Aufgabe: Cylindrischer Hohlspiegel. Cylindrisch-konvexer Klappspiegel. Konkav-konvexer Klappspiegel	337
XII. 3. Aufgabe: Das Polythéoron (Planklapp- oder Planwinkelspiegel, Diptychon kátoptron) . . .	343
XIII. 4. Aufgabe: Der Vexierspiegel (konkav-konvexer Spiegel, unvollständig)	347
XIV. 5. Aufgabe: Der theatralische Spiegel (fünfteiliger Winkelspiegel)	349
XV. 6. Aufgabe: Kátoptron opisthion (Rückenspiegel)	351
XVI. 7. Aufgabe: Der Straßenspiegel (der sog. Spion)	353
XVII. 8. Aufgabe: Der polygone Spiegel (Winkelspiegel auf einem Fünfeck)	357
XVIII. 9. Aufgabe: Der Geisterspiegel	357

D. HERONS KATOPTRIK.

Griechisches Fragment.

Hérons 4. Satz	369
--------------------------	-----

E. AUS VITRUVS BAUKUNST.

1. Die Maschine und ihre Arten	375
2. Der Kran mit 2 Masten	377
3. Der Drehkran mit einem Maste	381
4. Zusammensetzung der geradlinigen und Kreisbewegung. Hebel. Schnellwage. Steuerruder	383
5. Ölkammer und Ölpresen	387

F. AUS PLINIUS' NATURGESCHICHTE.

Olivenpressen	389
-------------------------	-----

B. GRIECHISCHE FRAGMENTE DER MECHANIK.

	Seite
I, 1. Die Hebewinde	257
11. Das delische Problem (Würfelverdöppelung) . . .	267
II, 1. Das Wellrad	273
2. Der Hebel	277
3. Die Rolle und der Flaschenzug	277
4. Der Keil	281
5. Die Schraube	283
6. Verbindung von Schraube und Wellrad	287
7. Schlufsbemerkung zu den 5 einfachen Maschinen	291
18. Die Schraube ohne Ende	291
35. Der Schwerpunkt eines Dreicks	293
III, 1. Die 'Schildkröte' (Rollschlitten)	295
2. Der Kran mit einem Maste	297

C. HERONS KATOPTRIK

(Lateinisch).

Einleitung	303
I. Gehör und Gesicht. Sphärenharmonie. Einteilung der Optik	318
II. 1. und 2. Satz: Die Sehstrahlen bilden gerade Linien und bewegen sich mit unendlicher Schnelligkeit	321
III. 3. Satz: Wann die Sehstrahlen reflektiert werden .	323
IV. 4. Satz: Grundgesetz der Reflexion: Gleichheit des Einfalls- und Reflexionswinkels. Die Reflexion erfolgt auf dem kürzesten Wege. Beweis hierfür am Planspiegel	325
V. 5. Satz: Beweis dafür am konvexen Spiegel	329
VI. 6. Satz: Kein Bild bei Verdeckung des Einfallspunktes	331
VII. 7. Satz: Die reflektierten Strahlen konvergieren weder, noch sind sie parallel. Bewiesen für Planspiegel	331
VIII. 8. Satz. Dasselbe bewiesen für konvexe Spiegel .	333

	Seite
Dreiecks aufgelegten Gewichtes auf die Stützen unter den Endpunkten	195
f. (40). Schwerpunkt eines Dreiecks, dem in seinen Eckpunkten bekannte Gewichte angehängt sind . .	197
f f (41). Schwerpunkt eines Vielecks mit derselben Bedingung.	197

BUCH III.

f (1). Hilfsmittel zur Bewegung von Lasten auf Ebenen	201
f (2). Hebemaschine mit einem Mast	203
f (3). Hebemaschine mit zwei Masten	207
f (4). Hebemaschine mit drei Masten	208
o (5). Hebemaschine mit vier Masten	209
q (6). Der „Aufhänger“, mittels dessen die Last am Flaschenzug hängt.	211
v (7). Die „Krebse“, die demselben Zwecke dienen . .	213
^ (8). Drei in die Last eingelassene Eisenpföcke zum Aufhängen derselben	215
q (9). Die Berg-Seilbahn zum Transport von Steinblöcken	219
f. (10). Ähnliches Verfahren zum Heben von Säulen . .	223
f f (11). Transport großer Lasten zu Wasser	223
f f (12). Geraderichten sich neigender Mauern	225
f f (13). Erste Hebelpresse	227
f f (14). Aufhängen des Steines an den Presshebel . . .	229
f o (15). Zweite Hebelpresse	229
f q (16). Herstellung der Galeagra aus Latten	239
f v (17). Die Platten-Galeagra	239
f ^ (18). Unterschied zwischen Hebel- und Schraubenpresse	241
f q (19). Die Presse mit zwei Schrauben	241
f. (20). Die Presse mit einer Schraube	249
f f (21). Herstellung der Mutterschraube	249

	Seite
1 _A (18). Jede Umdrehung einer Schraube verschiebt einen Zahn des eingreifenden Rades um seine eigene Breite	141
1 _q (19). Wirkung steiler und flacher Schrauben auf den Tylos und umgekehrt	141
1 _r (20). Hindernisse für die Wirkung der einfachen Potenzen	145
1 _f (21). Wirkung eines Systems von Rädern auf Wellen	149
1 _r (22). Verhältnis von Kraft und Zeit bei dieser Maschine	153
1 _r (23). Wirkung eines Systems von Flaschenzügen . .	155
1 _f (24). Verhältnis von Kraft und Zeit dabei	157
1 _o (25). Wirkung eines Systems von Hebeln	159
1 _q (26). Verhältnis von Kraft und Zeit hierbei	161
1 _v (27). Bei Keil und Schraube wirkt dieselbe Kraft stärker, je kleiner sie werden	163
1 _A (28). Verhältnis von Kraft und Zeit bei Keil und Schraube	163
1 _q (29). Verbindung der einfachen Potenzen außer dem Keil zur Bewegung einer Last	163
1 _r (30). Der spitze Keil benötigt geringerer Kraft. Der stumpfe Keil	167
1 _f (31). Konstruktion einer Schraube zu einem gegebenen Tylos	169
1 _r (32). Verstärkung der Kräfte wegen der Reibung . .	171
1 _r (33). Natürliche Prinzipien zur Erklärung der Erscheinungen	171
1 _f (34). Beantwortung von 17 mechanisch-physikalischen Fragen	175
1 _o (35). Auffindung des Schwerpunktes eines Dreiecks .	189
1 _q (36). Schwerpunkt eines Vierecks	191
1 _v (37). Schwerpunkt eines Fünfecks	193
1 _A (38). Verteilung der Last eines Dreiecks auf die Stützen unter seinen Endpunkten	193
1 _q (39). Verteilung eines an einem beliebigen Punkt eines	

	Seite
⌘ (32). Gleichgewicht am Wagebalken bei beliebig aufgehängten Gewichten	85
⌘⌘ (33). Gleichgewicht am unregelmäßigen Wagebalken	87
⌘⌘ (34). Gleichgewicht bei Lasten, die an der Peripherie einer Scheibe aufgehängt sind	91

BUCH II.

⌘ (1). Die fünf einfachen Potenzen. Das Rad auf der Welle	95
⌘ (2). Der Hebel	97
⌘ (3). Der Flaschenzug	99
⌘ (4). Der Keil	103
⌘ (5). Die Schraube	105
⌘ (6). Die Schraube in Verbindung mit dem Rad auf der Welle	109
⌘ (7). Begründung der Wirkung der fünf Potenzen. Wirkung von Kraft und Last an zwei konzentrischen Kreisen	111
⌘ (8). Erklärung der Hebelwirkung bei schwebender Last	113
⌘ (9). Erklärung der Hebelwirkung bei unterstützter Last	117
⌘ (10). Erklärung des Rades auf der Welle	121
⌘ (11). Erklärung des einfachen Zuges	121
⌘ (12). Erklärung des doppelten Zuges	123
⌘ (13). Einfacher oder doppelter Zug, je nachdem das eine Ende des Seiles an der Last oder an einem festen Stützpunkt angebracht ist	127
⌘ (14). Wirkung des Schlages beim Keil	131
⌘ (15). Jeder Schlag bewegt jeden Keil	131
⌘ (16). Entstehung der Schraube.	135
⌘ (17). Betrachtung der Schraube als gewundener Keil	139

	Seite
fo (15). Instrument zur Konstruktion ähnlicher ebener Figuren	31
fj (16). Übertragung einer ähnlichen ebenen Figur an einen anderen Ort	35
f _v (17). Übertragung ähnlicher körperlicher Figuren . . .	37
f _h (18). Instrument zur Konstruktion ähnlicher körperlicher Figuren	37
fj (19). Fortsetzung. Konstruktion von körperlichen ähnlichen Spiegelbildern	45
Konstruktion eines Rades mit einer bestimmten Zahl von schiefen Zähnen, die in eine gegebene Schraube eingreifen	49
f. (20). Körper auf beweglicher Ebene lassen sich durch die geringste Kraft bewegen	55
fj (21). Unterschied zwischen der Bewegung des Wassers und der fester Körper. Hilfsmittel zur Bewegung letzterer	57
ff (22). Eine Last läßt sich ohne Maschine nur durch eine ihr gleiche Kraft bewegen	59
f _h (23). Bewegung eines Cylinders auf schiefer Ebene nach oben	61
ff (24). Schwerkraft (Neigung) und Schwerpunkt. Aufhängepunkt und Gleichgewicht	63
f _o (25). Verteilung von Lasten auf Stützen: Allgemeines	71
fj (26). Verteilung einer Last auf 2—4 Stützen, wenn die Enden der Last unterstützt sind	73
f _v (27). Verteilung der Last, wenn ihr eines Ende unterstützt ist	75
f _h (28). Wechsel der Verteilung je nach dem Stand der Stütze. Wirkung der Stütze als Hebelstützpunkt	77
fj (29). Verteilung der Last auf die bewegenden Kräfte. Teilung und Vereinigung der Kräfte	79
f. (30). Verteilung einer Last auf Stützen, wenn die Enden nicht unterstützt sind	81
fj (31). Verteilung einer zu einer gegebenen hinzugefügten Last	85

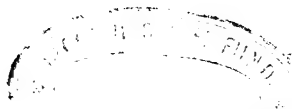
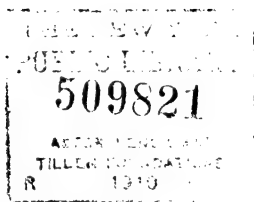
INHALT.

A. HERONS MECHANIK.

BUCH I.

Seite

§ (1).	System von Zahnrädern und Achsen, um eine gegebene Last durch eine gegebene Kraft zu heben	3
¶ (2).	Bewegung ineinandergreifender Zahnräder . . .	7
§ (3).	Gleiche und entgegengesetzte Bewegung einzelner Punkte zweier gleicher ineinandergreifender Räder	9
¶ (4).	Dieselbe Art der Bewegung bei ungleichen Rädern	11
o (5).	Bewegung dreier und mehrerer Räder. Bewegung eines Punktes eines Rades	13
¶ (6).	Bewegung ungleicher Räder auf derselben Achse und auf verschiedenen Achsen	15
v (7).	Gleichschnelle Bewegung ungleicher Räder auf derselben Achse	17
^ (8).	Ein Punkt, der sich in zwei Bewegungen von je konstanter Geschwindigkeit bewegt, kann ungleiche Wege zurücklegen	19
¶ (9).	Zu einer gegebenen ebenen Figur eine ähnliche nach einem gegebenen Verhältnis zu konstruieren	23
§ (10).	Zu einer gegebenen körperlichen Figur eine ähnliche nach gegebenem Verhältnis zu finden . . .	23
§ (11).	Konstruktion zweier mittlerer Proportionalen . .	25
¶ (12).	Definition der Kongruenz und Ähnlichkeit . . .	27
§ (13).	Definition der Ähnlichkeit mit Hilfe des Ähnlichkeitspunktes	29
¶ (14).	Zu jeder gegebenen ebenen Figur läßt sich eine ähnliche nach gegebenem Verhältnis konstruieren	29



Heron of Alexandria

HERONS VON ALEXANDRIA

ECHANIK UND KATOPTRIK

HERAUSGEGEBEN UND ÜBERSETZT

VON

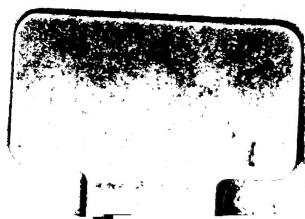
L. NIX UND **W. SCHMIDT.**

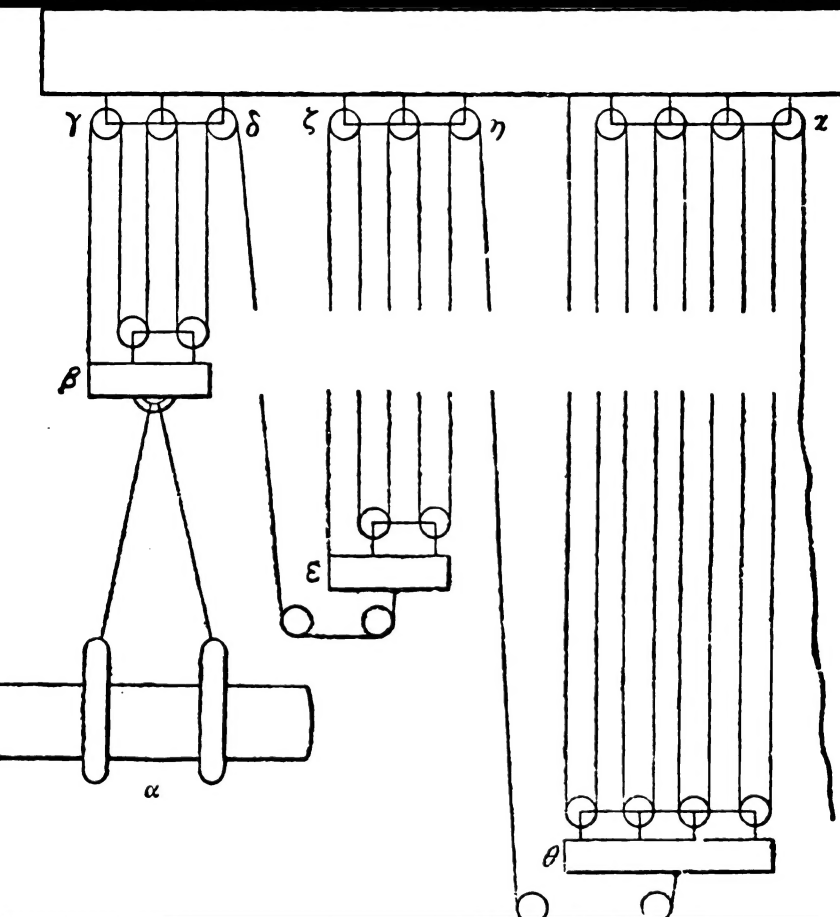
IM ANHANGE EXCERPTE AUS
YMPIODOR VITRUV PLINIUS CATO PSEUDO-EUKLID.

MIT 101 FIGUREN.



LEIPZIG,
DRUCK UND VERLAG VON B. G. TEUBNER.
1900.





Heron's von Alexandria Mechanik und Katoptrik

Hero (of Alexandria.)